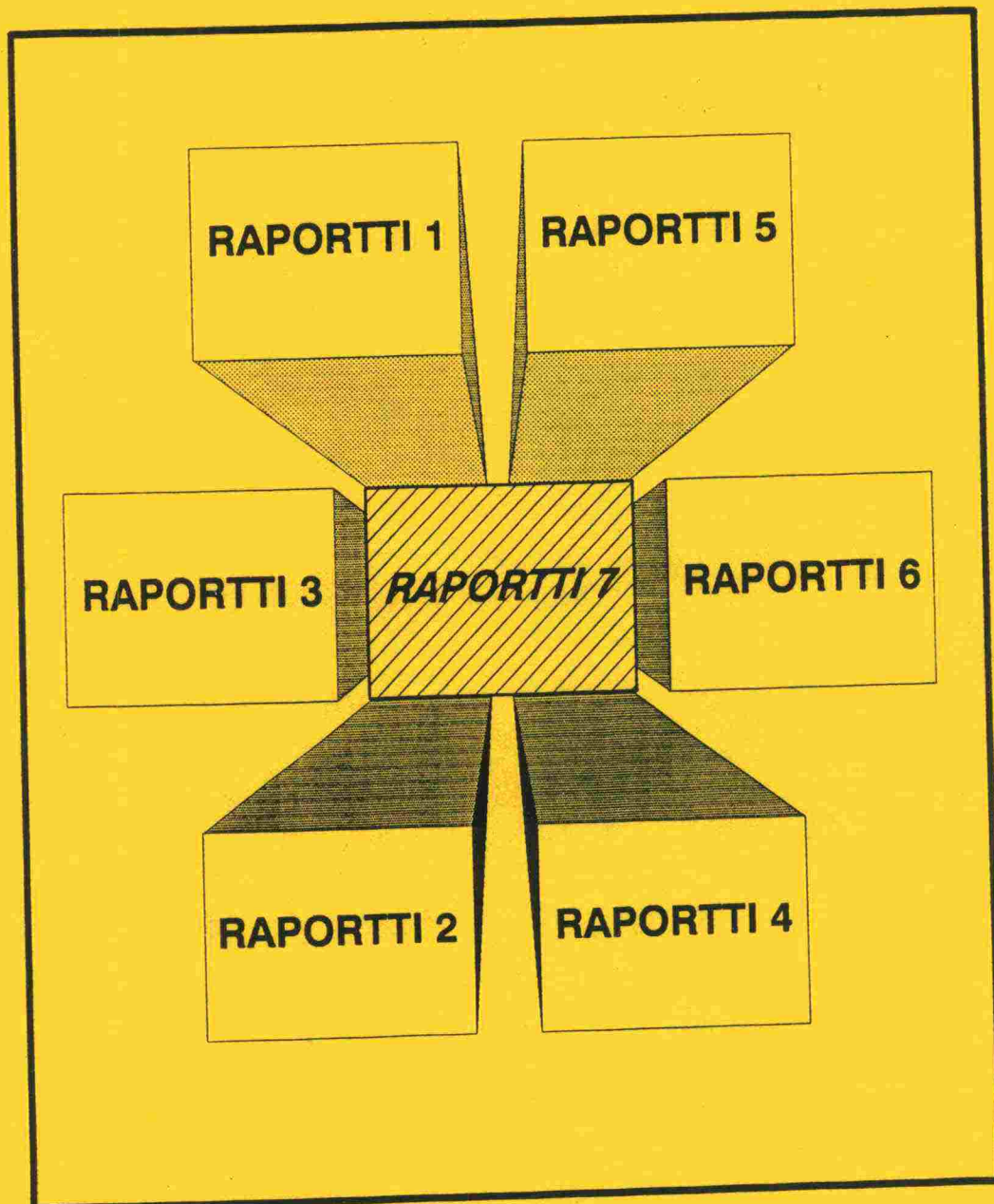


TYÖKONEIDEN HAVAITTAVUUDEN PARANTAMINEN -TUTKIMUS HÄMEEN TIEPIIRISSÄ

LOPPUYHTEENVETO

RAPORTTI 7

29.6.1992



TURVALLISUUSTEKNIIKAN LABORATORIO

08 VTT



Tielaitos
Tiehallituksen kirjasto

Doknro: 930403
Nidenro: 930517

29.6.1992

TYÖKONEIDEN HAVAITTAVUUDEN PARANTAMINEN -TUTKIMUS HÄMEEN TIEPIIRISSÄ

LOPPUYHTEENVETO

TIIVISTELMÄ

Tielaitoksen Hämeen tiepiirissä on tehty turvallisuustutkimusta työkoneiden havaittavuudesta. Tutkimus on tehty Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) turvallisuustekniikan laboratorion, Tiehallituksen Helsingin kehitysyksikön ja Hämeen tiepiirin yhteishankkeena. Tutkimuksen päärahoittajana on ollut Valtiovarainministeriö.

Tutkimuksen tavoitteena oli

- suunnitella, kokeilla ja toteuttaa parannusehdotuksia kaluston havaittavuuden tehostamiseksi
- kehittää varoitusvilkkujen toimivuutta ja sijoittelua
- laatia koulutusaineistoa kaluston havaittavuudesta tielaitoksen käyttöön
- tehdä muisti- ja tarkastuslistoja sekä luokitussysteemejä kaluston havaittavuuden varmistamiseksi
- kehittää tiellä liikkujille annettavaa tiedotusta kunnossapitotöistä ja kaluston havaittavuudesta.

Tutkimus jakaantui kalustokartoitukseen, jossa selvitettiin tielaitoksen kaluston havaittavuuden nykytila sekä käytännön kokeiluihin, joilla työkoneiden havaittavuutta pyrittiin parantamaan. Tutkimuksen tausta-aineistoa kerättiin kirjallisuustutkimuksen ja kahden työmatkan avulla. Lisäksi tutkimuksen tuloksena syntyi raportti toimenpide-ehdotuksista, joilla kaluston havaittavuutta voidaan parantaa.

Puutteita työkoneiden havaittavuudessa

Valojen sijoittelu on monessa koneessa ja laitteessa huono, varsinkin työvalojen sijoittelussa on puutteita. Valot kuraantuvat helposti ja lisälaitteet voivat peittää työkoneen valot. Takana olevien valojen puhtaanapitoa ei ole juuri järjestetty. Valot ovat joissakin vanhemmissa koneissa heikkotehoisia tai huonokuntoisia. Kuljettajat toivoivat tehokkaampia valoja, vaikka nykyiset valot täyttänevät vähimmäisvaatimukset. Valojen huonokuntoisuus johtunee huollon ja puhdistuksen puutteista.

Suuntavilkkujen sijoittelusta löytyi myös ongelmia, suuntavilkut kuraantuvat helposti. Joissakin koneissa suuntavilkut on sijoitettu lähelle varoitusvilkkuja.

Työkoneen katolla lähekkäin olevien suunta- ja varoitusvilkkujen valot saattavat sekoittaa keskenään, varsinkin pimeässä, jolloin muut tiellä liikkujat eivät huomaa suuntavilkkuja. Suuntavilkkujen havaittavuus sivuilta tai takaa on joissakin koneissa heikkoa. Osa suuntavilkuista on pienikokoisia ja lisälaitteet saattavat aiheuttaa katveja suuntavilkuille.

Varoitusvilkut ovat monessa koneessa alhaalla ja samalla niiden näkymistä peittävät työkoneen varusteet tai lisälaitteet. Työkoneen katolla oleville varoitusvilkuille muodostavat katveja pakoputket, ilmastointilaitteet tai nostolaitteet, jolloin vilkut eivät näy joka suuntaan. Vilkkujen valaistusvoimakkuus ei muutu valoisuuden myötä. Päivällä vilkun havaittavuus ei ole aina hyvä ja toisaalta yöllä kirkas vilkku häiritsee kuljettajaa. Vilkun valo voi heijastua ohjaamoon koneen pinnoista tai lumisateesta tai lumisesta metsästä.

Varoitusvaloja käytetään vähän, niitä ei ole käytössä parantamassa koneiden ja laitteiden sivuhavaittavuutta. Varoitusvalojen kestävyys on lisälaitteissa huono, varsinkin auroissa olevat varoitusvalot eivät juuri kestä.

Heijastimet ovat pieniä, ne täyttävät juuri minimivaatimukset. Heijastimet on sijoitettu usein huonosti, ne kuraantuvat tai rikkoutuvat helposti. Heijastimet ovat usein laitettu niin, ettei niistä ole todellista hyötyä. Heijastimia on laitettu esimerkiksi koneen vinoihin pintoihin, jolloin heijastimesta ei valo heijastu takaisin valolähteen suuntaan. Heijastimien varret ovat monessa koneessa ja laitteessa vääntyneet, jolloin heijastimella ei ole käytännössä hyötyä havaitavuuden kannalta.

Hitaan ajoneuvon kolmiot ovat usein haalistuneita ja rakkuloilla. Hitaan ajoneuvon kolmion sijoittelu on myös kirjavaa, kolmioita puuttuu lisälaitteista tai työkoneen takapainoista.

Osassa työkoneista väritys on kulunut tai likainen. Työkoneiden väritystä ei ole suunniteltu tarkemmin, koneet ja laitteet on maalattu yleensä kokonaan tielaitoksen keltaisella värillä. Joistakin keltaisista pinnoista saattaa työkoneen valot tai auringon valo heijastua kuljettajan silmiin. Jotkut työkoneet on maalattu eri värillä kuin tielaitoksen keltaisella, yhtenäisen väriytyksen merkitystä ei ole pohdittu tarkempaa.

Turvamaalaukset ja -raidoitukset ovat monessa koneessa ja laitteessa huonolaatuisia ja kuluneita. Turvamaalaukset ja -raidoitukset ovat huonosti suunniteltuja, niitä on laitettu paikkoihin, joissa ne kuluvat tai likaantuvat helposti. Turvamaalausten ja -raidoitusten kontrastiero taustaan nähden on joissakin koneissa ja laitteissa huono. Raidoituksen muoto on varsinkin kuorma-autojen lavan perälaudassa havaittavuuden kannalta heikko.

Liikennemerkkejä ja suoja- sekä varoitusaitoja käytetään vähän, samoin kuin peruutushälyttämiä tai muita varoitus- ja hälytysmerkin antajia. Lisälaitteet aiheuttavat usein katveja työkoneiden valoille ja heijastimille. Lisälaitteiden valot ja vilkut saattavat olla heikkolaatuisempia kuin itse työkoneen valot ja vilkut, jotka

jäävät lisälaitteen peittoon. Lisälaitteiden havaittavuus on usein huono. Valonuolia käytetään vain muutamassa koneessa, niiden hahmottaminen on vaikeaa, koska nuolen tausta on keltainen. Työkoneissa ja laitteissa olevien kylttien tekstejä ei näe lukea riittävän etäältä, usein tekstin sanoma muille tiellä liikkujille on vähäinen. Tekstit eivät opasta muita tiellä liikkujia toimimaan oikein työkoneen läheisyydessä.

Työkoneiden havaittavuuden parantamisen kehittämisehdotuksia

Heijastavia materiaaleja voitaisiin käyttää parantamaan koneiden sivuhavaittavuutta. Edessä olevilla heijastavilla materiaaleilla ei ole merkitystä, jos työkoneen valot palavat. Työkoneen perässä olevat heijastavat materiaalit kuraantuvat helposti, jos niitä ei sijoiteta riittävän korkealle.

Havaittavuutta taaksepäin voidaan parantaa myös muillakin keinoin. Jos auto joudutaan pysäköimään tien varteen ja sammuttamaan valot, niin silloin olisi parasta käyttää erillisiä kilpiä (saksalaiseen tapaan). Työkoneiden havaittavuutta taaksepäin voidaan parantaa myös käyttämällä heijastavia ajoneuvon merkkikilpiä, jotka perustuvat E-säännökseen 70. Kilpien avulla voidaan parantaa yhtäaikaaisesti havaittavuutta sekä kertoa ajoneuvoyhdistelmän pituutta.

Jälkivalaisevalla kalvolla ei ole käyttöä työkoneen havaittavuuden parantamisessa. Työkoneissa on syytä käyttää I-luokan heijastavia kalvoja, koska kuraantumisen vuoksi kalvot on sijoitettava korkealle, jolloin heijastavan kulman pitää olla riittävän suuri. Kalvon leveyden tulee olla vähintään 50 mm, jotta se näkyy etäältä riittävän hyvin. Käytännössä sopivat kalvojen leveydet ovat 50-75 mm. Heijastavat kalvot ovat parempia kuin heijastimet, koska niillä voidaan muotoilla työkoneen muodot ja äärilinjat. Nykyisillä heijastimille ei ole niiden koon ja sijoittelun vuoksi juuri käytännön merkitystä havaittavuuden kannalta.

Tutkimuksen aikana kehitettiin epäsäännöllisesti välähtävä varoitusvilkku, joka todettiin hyväksi keinoksi parantaa työkoneen havaittavuutta. Samalla rakennettiin vilkkuun valaistusvoimakkuuden säätömahdollisuus, jolloin pimeällä vilkkua voitiin automaattisesti himmentää, lisäksi vilkun katkaisijaan rakennettiin systeemi, joka kertoo vilkun todellisen toimimisen.

Epäsäännöllisesti välähtävät vilkut näyttävät olevan havaittavuuden kannalta parempia kuin säännöllisesti välähtävät vilkut. Epäsäännöllisesti välähtävät vilkut ovat havaittavuuden kannalta parhaita silloin, kun vilkku menee välillä aivan pimeäksi. Näin saadaan vilkkuun selvä kontrastiero.

Eri vilkkujen testauksen yhteydessä todettiin, että vilkun havaittavuutta parantaa se, että vilkun välähdyksessä on riittävä kontrasti eli vilkku menee kunnolla pimeäksi. Tämä ei onnistu nykyisissä pyörivissä vilkuissa, joten nämä vilkut eivät ole havaittavuuden kannalta hyviä.

Vilkkupaneeleja voidaan käyttää joissakin työkoneissa, joiden pieni koko ja niillä tehtävän työn vaarallisuus edellyttävät hyvää havaittavuutta. Tosin vilkkupaneelit on rakennettava niin, että ne eivät tuo esille mielikuvaa hälytysajoneuvosta. Vilkkupaneeleihin voitaisiin rakentaa myös tekstejä, jotka ohjaavat muita tiellä liikkujia.

Suunnattuja varoitusvilkkuja voidaan käyttää parantamaan työkoneiden havaittavuutta taaksepäin. Suunnatut varoitusvilkut soveltuvat erityisesti hitaasti liikkuviin työkoneisiin, jotka kulkevat normaalin liikenteen mukaisesti yhdellä kaistalla. Suunnattuja varoitusvilkkuja on syytä käyttää pareittain. Vilkkujen välähtäminen yhtäaikaan on monella tapaa hyvä vaihtoehto, toisaalta eri aikaa välähtävät vilkut saattavat herättää autoilijoissa paremmin huomiota. Yhtäaikaan välähtävät vilkut tuovat mielikuvan myös kiinteästä esteestä.

Valotaulun avulla voidaan muille tiellä liikkujille antaa informaatiota työkoneiden liikkeistä ja ohjata autoilijoita. Kilvissä ja tauluissa olevat tekstit pitää olla aina ohjaavia ja neuvovia, pelkästään työtehtävän maininta ei anna riittävää tietoa muille tiellä liikkujille. Tekstien ohella olisi voitava käyttää erilaisia symboleja, jolloin suomen kieltä taitamattomat voivat ymmärtää viestin. Valokuitutekniikkaan perustuva valotaulu on teknisesti mahdollinen ratkaisu, mutta sen haittana on kalleus. Valokuitutekniikkaa voitaisiin käyttää myös muullakin tapaa, kuten varoitusvaloissa, jos sen hintatasoa saadaan putoamaan.

Havaittavuutta taaksepäin voidaan parantaa myös lisäjarruvaloin ja takasumuvain, tosin näiden sijoittelu on osin ongelmallista. Nämä valot voivat olla lisälaitteiden tiellä tai ne joudutaan sijoittamaan paikkoihin, missä ne kuraantuvat ja lumeentuvat yhtä helposti kuin nykyiset takavalot.

Havaittavuutta parantavien laitteiden kehittelyn ohella pitäisi kehittää teknisiä ratkaisuja, joilla näitä laitteita voitaisiin pitää puhtaana. Keinoina voisivat tulla kysymykseen erilaiset tuuliohjaimet, lasien lämmittimet ja pesurit. Toisaalta työkoneiden kuljettajille pitää antaa työohjeita havaittavuutta parantavien laitteiden puhdistamiseen ja niiden kunnan tarkastamiseen. Havaittavuutta parantavat laitteet olisi puhdistettava aina ajosta pois tultaessa.

Työkoneiden havaittavuutta parantavien laitteiden teho riippuu paljolti niiden kunnosta ja puhtaudesta. Kunnossapitotöihin tarvitaan työohjeita havaittavuutta parantavien laitteiden puhtaanapidosta sekä näiden laitteiden kunnan tarkastamisesta. Kuljettajien koulutuksessa ja työnopastuksessa pitäisi tämä asia ottaa myös esille.

Työohjeissa pitäisi olla havaittavuutta parantavien varusteiden puhdistussuosituksukset ennen ajoa, ajon aikana sekä ajon jälkeen. Työn aikana pitää kuljettajien tehdä jatkuvaa havaittavuutta parantavien laitteiden kunnan seuranta. Auratessa on taukojen aikana puhdistettava lumeentuneet valot, vilkut ja heijastavat materiaalit.

Työkoneiden tarkastustoiminnassa on kiinnitettävä huomiota koneiden havaittavuuteen, tarkastuksessa voidaan käyttää kalustokartoitukseen kehitettyä tarkas-

tuslomaketta. Tutkimuksen aikana laadittua tarkastuslomaketta voitaisiin käyttää myös määräaikaishuoltojen yhteydessä.

Parantamalla työkoneiden pesumahdollisuuksia tukikohdissa, voidaan osaltaan varmistaa havaittavuutta parantavien varusteiden puhtaana pysymisen. Pesumahdollisuuksia voitaisiin alkuvaiheessa parantaa varaamalla paikka ja varusteet havaittavuutta parantavien laitteiden pikapesua varten.

Työkoneiden havaittavuutta voitaisiin tämän tutkimuksen perusteella parantaa yleisesti seuraavilla periaatteilla.

Työkoneiden sivuhavaittavuuden parantaminen

Sivuhavaittavuutta parannetaan heijastavalla kalvolla, jolla merkitään työkoneen muoto tai pituus. Heijastavan kalvon leveys tulee olla ainakin 50 mm ja kalvon tulee olla ykkösluokan kalvoa. Kalvon sijoittelussa on pyrittävä löytämään ne koneen pinnat, jotka pysyvät puhtaana eivätkä ole kulutukselle alttiita. Työkoneiden sivuilla olevat tielaitokset siniset logot voisivat olla myös heijastavasta materiaalista.

Työkoneen havaittavuuden parantaminen taaksepäin

Työkoneen havaittavuutta taaksepäin voidaan parantaa usealla eri tapaa, kuten lisäjarruvaloilla, takasumuvaloilla, suunnatuilla varoitusvilkuilla tai heijastavilla kalvomateriaaleilla.

Suunnattuja varoitusvilkkuja voidaan käyttää hitaasti liikkuviissa työkoneissa, jotka kulkevat muun liikenteen mukaisesti. Lisäjarruvaloilla ja takasumuvaloilla voidaan parantaa havaittavuutta, jos nämä valot voidaan sijoittaa paikkoihin, missä ne eivät kuraannu, kuten auton katolle tai lisälaitteen yläosaan. Heijastavien kalvojen käyttö perustuu myös samaan periaatteeseen. Joissakin työkoneissa, kuten kuorma-autoissa voisi olla hyvä käyttää E-säännöksen 70 mukaisia merkkikilpiä. Lisäksi pysäköityihin työkoneisiin olisi hyvä saada saksalaisen mallin mukaiset heijastavasta materiaalista tehdyt varoituskilvet, jotka laitetaan työkoneen perään vain pysäköinnin yhteydessä.

Työkoneen havaittavuuden parantaminen eteenpäin

Työkoneen havaittavuus eteenpäin on hoidettava pääasiassa etuvalojen avulla. Työkoneen katolla olevalla varoitusvilkulla voidaan varoittaa työkoneesta myös eteenpäin. Monessa tapauksessa tämä varoitusvilku varoittaa myös sivulle ja taakse päin eli toimii yleisenä varoittimena. Työkoneissa olisi käytettävä varoitusvilkkuna epäsäännöllisesti välähtävää vilkkua, jossa olisi valaistusvoimakkuuden säätömahdollisuus. Lisäksi olisi käytettävä vähintään kahta varoitusvilkkua, jotka on sijoitettu niin, että ainakin yksi vilku näkyy katveista huolimatta.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	2
1 JOHDANTO	9
1.1 Tutkimuksen taustaa	9
1.2 Tutkimuksen tavoitteet	9
1.3 Tutkimuksen toteutus	10
2 TUTKIMUSMENETELMÄT	11
2.1 Kalustokartoitus	11
2.2 Kirjallisuustutkimus	12
2.3 Työmatka Ruotsiin, Tanskaan ja Saksaan	13
2.4 Työmatka Hollantiin ja Saksaan	14
2.5 Havaittavuuskokeilut	15
2.6 Toimenpide-ehdotusten laatiminen	15
3 KUNNOSSAPITOKALUSTOLLE SATTUNEITA LIIKENNEVAHINKOJA	16
3.1 Kunnossapitotöiden merkitys liikenneonnettomuuksien syntymiseen	16
3.2 Kunnossapitokalustolle sattuneiden liikenne- onnettomuuksien taustaa	16
3.3 Hämeen tiepiirin kunnossapitokalustolle sattuneita liikenneonnettomuuksia	17
3.4 Kunnossapitotyöntekijöiden haastatteluissa esiin tulleita vaaratilanteita	19
3.5 Kuljettajan käyttäytyminen	19
4 KALUSTON HAVAITTAVUUDEN NYKYTILANNE	20
4.1 Väritys	20
4.2 Raidoitukset	22
4.3 Heijastavat kalvot	23
4.4 Valot	24
4.5 Varoitusvilkut	24
4.6 Opasteet	26
4.7 Muut työkoneiden havaittavuutta parantavat keinot	28
4.8 Kalustokartoituksessa esiin tulleita puutteita	29
4.9 Kalustokartoituksessa esiin tulleita parannusehdotuksia	31
5 KALUSTON HAVAITTAVUUTTA PARANTAVAT KOKEILUT	33
5.1 Kokeilujen taustaa	33
5.2 Heijastavat materiaalit	34
5.3 Varoitusvilkut	37
5.4 Koneiden ja laitteiden maalaukset	42
5.5 Valotaulut	42
5.6 Muut kokeilut	44

6	YHTEENVETO	46
6.1	Johtopäätöksiä	46
6.2	Toimenpide-ehdotuksia	48

	LÄHDELUETTELO	50
--	---------------	----

LIITE	Kaluston havaittavuuden tarkastuslomake	
-------	---	--

1 JOHDANTO

1.1 TUTKIMUKSEN TAUSTAA

Eri tutkimusten mukaan ovat työmaan ajoneuvot olleet osallisena noin 15 %:ssa tietyömaiden kohdalla sattuneista liikenneonnettomuuksista. Työkoneiden liikenneonnettomuuksissa on ollut yleisemmin mukana kuorma-auto. Tyypillisiä liikennevahinkoja ovat työkoneella peruuttamiset toisen ajoneuvon päälle. Toinen yleinen liikenneonnettomuustyyppi on jonkun muun ajoneuvon törmääminen työkoneen perään.

Työkoneen päälle tai perään ajaneet autoilijat ovat usein poliisikuulusteluissa väittäneet, etteivät he huomanneet työkoneen vilkkua. Isokokaisen kunnossapitoajoneuvon yllättävä ilmaantuminen voi aiheuttaa hätäntymisen ja "paniikkijarutuksen", jolloin auton hallinta menetetään, ja se saattaa ajautua kunnossapitoajoneuvon päälle.

Haastattelujen mukaan on lähes jokaiselle kunnossapitotyöntekijälle sattunut liikenneonnettomuuksia tai vaaratilanteita. Auraus- ja ajoratamaalaustöissä sattuu vaaratilanteita lähes päivittäin. Liikennevahinkojen tutkijalautakunnat ovat kiinnittäneet huomiota myös työkoneiden havaittavuuteen, tutkijalautakuntien raporttien mukaan olisi työkoneiden havaittavuutta parannettava.

Aikaisemman kunnossapitotöihin liittyneen turvallisuustutkimuksen perusteella tekivät Hämeen tiepiiri ja VTT:n turvallisuustekniikan laboratorio yhdessä uuden tutkimussuunnitelman, jossa keskityttiin työkoneiden havaittavuuden parantamiseen. Tutkimus alkoi keväällä 1991 ja se päättyi kesällä 1992.

Tutkimus tehtiin yhteistyössä Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen (VTT) turvallisuustekniikan laboratorion, Tiehallituksen Helsingin kehitysyksikön ja Hämeen tiepiirin kanssa. Tutkimuksen päärahoittajana oli Valtiovarainministeriö.

Tutkimuksen johtoryhmään kutsuttiin Hämeen tiepiirin, VTT:n turvallisuustekniikan laboratorion, Liikkuvan poliisin, Hämeen katsastuskonttorin, Liikenneturvan, Hämeen työsuojelupiirin sekä Tiehallituksen edustajat. Tutkimushankkeen kuluessa johtoryhmän kokouksiin kutsuttiin myös Työsuojeluhallituksen, Liikenneministeriön ja Autorekisterikeskuksen edustajat. Tutkimuksen aikana oltiin myös kiinteässä yhteistyössä työkoneen havaittavuutta parantavien laitteiden valmistajien ja maahantuojaisten kanssa.

1.2 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena oli

- suunnitella, kokeilla ja toteuttaa parannusehdotuksia kaluston havaittavuuden tehostamiseksi
- kehittää varoitusvilkkujen toimivuutta ja sijoittelua
- laatia koulutusaineistoa kaluston havaittavuudesta tielaitoksen käyttöön

- tehdä muisti- ja tarkastuslistoja sekä luokitussysteemejä kaluston havaittavuuden varmistamiseksi
- kehittää tiellä liikkujille annettavaa tiedotusta kunnossapitotöistä ja kaluston havaittavuudesta.

1.3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Kalustokartoituksen yhteydessä tarkastettiin Hämeen tiepiirin kunnossapitotomian yleisimmät työkoneet ja laitteet. Tarkastus tehtiin ryhmätyönä. Tarkastusta varten kehitettiin tarkastusmenetelmä omine lomakkeineen. Lomakkeessa oli mainittu kohdat, mitkä piti tarkastaa. Tarkastuksessa selvitettiin onko havaittavuutta parantavat laitteet ohjeiden mukaisia sekä niiden kunto, laatu, puutteet ja viat. Samalla mietittiin kehittämistarpeita ja korjausehdotuksia.

Kirjallisuustutkimus perustuu sekä kirjallisiin kyselyihin, palaverihin ja tutkimiseen alan kirjallisuuteen sekä Ruotsiin, Tanskaan ja Saksaan suuntautuneella työmatkalla saatuu aineistoon. Kirjallisella kyselyllä kerättiin tietoja pohjoismaisilta, saksalaisilta ja yhdysvaltalaisilta yrityksiltä ja yhteisöiltä. Saksalaisten ja yhdysvaltalaisen yritysten osoitetiedot hankittiin TEKESin teollisuussuhteiden avulla. Kysely lähetettiin 114 yritykseen tai yhteisöön. Vastauksia saatiin 30 kappaletta. Suomessa tutustuttiin yhteensä yhdeksään yritykseen, jotka olivat pääasiassa tuotteiden maahantuojia.

Työmatkoilla kerättiin tietoja pohjoismaisista ja saksalaisista ratkaisuksista sekä materiaalia liittyen työkoneiden havaittavuuteen. Työmatkoilla tutustuttiin eri yritysten toimintaan ja tuotteisiin, lisäksi käytiin yhdessä ruotsalaisessa tiemestari-piirissä katsomassa miten käytännössä työkoneiden havaittavuus oli hoidettu. Lisäksi vierailtiin Hollannissa Intertraffic 92-messuilla, joka on suurempia liikenteen ohjaukseen ja turvallisuuteen keskittyneitä messuja Euroopassa.

Havaittavuutta parantavat kalustokokeilut perustuivat Ruotsiin, Tanskaan ja Saksaan suuntautuneen työmatkan sekä kalustokartoituksen tuloksiin. Näiden selvitysten perusteella laadittiin suunnitelma, jossa oli tarkoitus kokeilla erilaisia heijastavia materiaaleja, varoitusvilkkuja, koneiden ja laitteiden maalauksia sekä valotauluja. Kokeiluihin tarvittavien materiaalien ja laitteiden hankintaan sekä valmisteluihin osallistui useita valmistajia ja maahantuojia. Erityiset kiitokset kuuluvat niille, jotka antoivat kokeiluita varten käyttöön erilaisia tarvikkeita ja laitteita.

Simo Sauni
tutkija

VTT, turvallisuustekniikan laboratorio

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 KALUSTOKARTOITUS

Kalustokartoituksen tarkoituksena oli selvittää Tielaitoksessa käytetyn kaluston havaittavuus ja siinä olevat mahdolliset ongelmat ja kehittämistarpeet. Kalustokartoitus tehtiin tarkastamalla Hämeen tiepiirin kunnossapitokalustoa. Tarkastus tehtiin ryhmätyönä ja siihen osallistui usein koneen kuljettaja sekä piirin kone- tai työsuojelutarkastaja ja VTT:n tutkija. Tarkastusta varten kehitettiin tarkastusmenetelmä omine lomakkeineen (liite), lomakkeeseen voitiin kirjata myös tarkastuksessa esiin tulleet asiat.

Tarkastus tehtiin pääasiassa kolmessa tiemestaripiirissä, Pirkkalan, Lahden ja Padasjoen tiemestaripiireissä. Lisäksi käytiin muissakin Hämeen tiepiirin tiemestaripiireissä tarkastamassa sellaista kalustoa, jota ei ollut kolmessa kohdetiemestaripiirissä. Tiemestaripiirien kaluston ohella tarkastettiin myös keskitetyn kunnossapidon kalustoa, kuten maalaus-, mittaus- ja tutkimuskalustoa.

Tarkastuksessa selvitettiin aluksi koneen tai laitteen havaittavuuteen liittyvien varusteiden ohjeiden ja määräysten mukaisuus sekä toimivatko nämä varusteet. Seuraavaksi selvitettiin havaittavuuteen liittyvien varusteiden kunto ja laatu sekä niissä olevat puutteet ja viat. Lopuksi mietittiin havaittavuuteen liittyviä kehittämistarpeita ja korjausehdotuksia. Tarkastuksen aikana tuli esille muitakin kuin havaittavuuteen liittyviä ongelmia ja kehittämistarpeita. Nämäkin asiat kirjattiin tarkastuksessa ylös.

Tarkastuksessa käytiin läpi systemaattisesti havaittavuuteen liittyvät laitteet ja varusteet, tarkastuslomakkeessa oli mainittu seuraavat kohdat, mitkä piti tarkastaa:

- etuvalot
- aurasvalot
- takavalot
- työvalot
- vilkut (suuntavilkut)
- varoitusvilkut
- varoitusvalot
- heijastimet
- hitaan ajoneuvon kolmiot
- väritys
- turvamaalaukset ja -teipit
- liikennemerkkit
- suoja- ja varoitusaidat
- varoitus- ja hälytysmerkkien antajat (peruutushälytin)
- lisälaitteen vaikutus havaittavuuteen (kytkettynä)
- muut.

Tarkastetut koneet ryhmiteltiin 20 eri luokkaan (taulukko 1).

Taulukko 1. Tarkastetut koneet kalustolajeittain.

KALUSTOLAJI	Kpl
Tiehöylät	10
Kuorma-autot	8
Kevytkuorma-autot	4
Sirotteluautot	7
Kuormaajat	7
Pakettiautot	8
Traktorit	9
Sirottelulaitteet	14
Aurat	24
Maalaus koneet	4
Erikoiskoneet	5
Erikoislaitteet	6
Höyrykehittimet	3
Vesakonraivauslaitteet	3
Nostokalusto	3
Perävaunut	5
Lanat	2
Vesisäiliöt	8
Puskulevyt	2
Muut	2

Tarkastusmenetelmän avulla saatiin hyvin esille työkonien havaittavuuteen liittyviä asioita ja tarkastuslomake soveltui hyvin tarkastukseen. Tarkastuslomaketta kokeiltiin myös Pirkkalan tiemestaripiirissä henkilökunnalle tarkoitettussa turvallisuuskoulutuspäivässä. Työkonien kuljettajat ja työnjohto tarkastivat lomakkeen avulla ryhmätyönä tiemestaripiirin kaluston havaittavuuden. Tarkastuslomake sopii tämän kokeilun perusteella työpaikan sisäiseen tarkastustoimintaan ja turvallisuuskoulutukseen.

2.2 KIRJALLISUUSTUTKIMUS

Kirjallisuustutkimus perustuu sekä kirjallisiin kyselyihin, palaverihin ja tutkimiseen alan kirjallisuuteen sekä Ruotsiin, Tanskaan ja Saksaan suuntautuneella työmatkalla saatuun aineistoon. Kirjallisella kyselyllä kerättiin tietoja pohjoismaisilta, saksalaisilta ja yhdysvaltalaisilta yrityksiltä ja yhteisöiltä. Saksalaisten ja yhdysvaltalaisen yritysten osoitetiedot hankittiin TEKESin teollisuussuhteiden avulla. Kysely lähetettiin 114 yritykseen tai yhteisöön. Vastauksia saatiin 30 kappaletta (taulukko 2). Suomessa tutustuttiin yhteensä yhdeksään yritykseen, jotka olivat pääasiassa tuotteiden maahantuoja.

Taulukko 2. Kirjallinen kysely.

MAA	LÄHTENYT KYSELY	VASTAUKSET
Ruotsi	33	6
Saksa	32	10
Yhdysvallat	26	10
Norja	22	4
Australia	1	-

Kirjallisuudesta etsittiin tienrakentamisen ja teiden kunnossapidon turvallisuus-tutkimuksia. Valtaosa tutkimuksista liittyy liikenneturvallisuuteen, työturvalli-suustutkimukset kohdistuvat pääosin tienrakennustyömaan työturvallisuuteen. Lisäksi tutustuttiin tutkimuksiin, joissa oli selvitelty havaittavuutta ja ihmisen näkemistä liikenteessä. Havaittavuudesta on paljon tutkimuksia, mutta valtaosa niistä käsittelee asiaa yleisellä tasolla, joten niiden tuloksia ei voida suoraan soveltaa kunnossapitokaluston havaittavuuteen. Kuljettajan havainnointia liikenteessä on tutkittu liikennemerkkien ja mainosten osalta.

2.3 TYÖMATKA RUOTSIIN, TANSKAAN JA SAKSAAN

Tutkimuksen yhtenä osatehtävänä oli laatia selvitys miten muualla on parannettu kaluston havaittavuutta. Tämän johdosta tehtiin työmatka Keski-Eurooppaan, jonka aikana tutustuttiin ratkaisuihin, joilla kunnossapitokaluston havaittavuutta on parannettu. Matkan aikana tutkittiin kaluston havaittavuutta ja liikenteen ohjausratkaisuja tietyö- ja kunnossapitokohteissa. Samalla tutustuttiin turva- ja opastuslaitteita valmistaviin yrityksiin. Lisäksi selviteltiin EY-yhdentymisen vaikutuksia kaluston havaittavuuteen liittyvään lainsäädäntöön.

Vierailukohteina olivat:

- Skytlar & Märken Ab, Ruotsi
- Jönåkerin tiemestariپیri, Ruotsi
- K/S Epoke, Tanska
- 3M Laboratories (Europe) GmbH, Saksa
- horizon Signaltechnik GmbH, Saksa
- Adolf Nissen Elektrobau Nordelektro GmbH & Co. Kg, Saksa
- Safe Traffic Ab, Ruotsi.

Saksassa tai Pohjoismaissa ei työkoneiden havaittavuuteen ole yleensä kiinnitetty yhtään enempää huomiota kuin Suomessa. Työkoneiden havaittavuus on yleensä samalla tasolla kuin Suomessa. Matkalla löydettiin muutamia yksittäisiä ratkaisuja työkoneiden havaittavuuden parantamiseksi. Ruotsissa kehitellään valokuituihin

perustuvaa tekniikkaa. Saksassa on kiinnitetty huomiota työkonien sivujen ja perän merkintään heijastavin kalvoin. Heijastavilla kalvoilla merkitään auton ääriinjat, jolloin voidaan pimeässäkin helposti havaita, millaisesta ajoneuvosta on kyse ja miten se on tiellä.

Matkalla löydettiin seuraavia työkonien havaittavuutta parantavia laitteita ja menetelmiä, joita voitaisiin kokeilla tiepiirin koneissa ja laitteissa:

- valaistusvoimakkuudeltaan säädeltävät vilkut (yö- ja päivävalaistusteho)
- valonuolien ja suunnattujen varoitusvilkkujen käyttö työkonissa
- vilkkupaneelit
- vilkkusetit (suunnatut varoitusvilkut)
- valotaulut, joilla voidaan antaa informaatiota tiellä liikkujille
- työkonien ääriivivojen merkitseminen heijastavilla nauhoilla.

2.4 TYÖMATKA HOLLANTIIN JA SAKSAAN

Tutkimuksen aikana tehtiin työmatka Hollantiin ja Saksaan. Hollannissa tutustuttiin Amsterdamissa pidettyyn Intertraffic 92-messuihin, joka on suurimpia liikenteen ohjaukseen ja turvallisuuteen keskittyneitä messuja Euroopassa.

Samalla matkalla vierailtiin Saksassa UKE Kranefeltin tehtailla Herzlakessa. Vierailu perustui siihen, että tämän tutkimuksen käytännön kokeiluissa rakennettiin UKE Kranefeltin vilkusta epäsäännöllisesti välähtävä vilkku, jonka valaistusvoimakkuutta voidaan säätää. Vierailun aikana keskusteltiin tämän idean toteuttamisesta sekä käyttökelpoisuudesta ja mahdollisuudesta ottaa tällainen vilkku laajempaan tuotantoon.

Intertraffic 92-messuilla näkyi selvästi liikenteen ohjauksen ja turvallisuuden kehitysnäkymät. Liikenteen ohjaamisessa ja varoittamisessa ollaan siirtymässä paljon erilaisiin valotaululuihin, jotka perustuvat pääasiassa valokuitutekniikkaan tai led-tekniikkaan. Myös muunlaisia liikenteenohjaustauluja ja -opasteita oli messuilla näytteillä.

Vilkkujen valmistajia oli messulla useita, mutta mitään erityisen uusia ideoita ei vilkkujen osalla löytynyt. Vilkuista löytyi erilaisia sovellutuksia kuten vilkun varsi, joka taipuu. Vilkkupaneeleja oli messuilla esillä monenlaisia, joissakin malleissa vilkun valot voitiin kytkeä "juoksevaksi nauhaksi", jolloin niillä voitiin osoittaa suuntaa muille tiellä liikkujille.

Heijastavien kalvojen valmistajia oli myös useita. Heijastaviin kalvoihin oli kehitetty päällismateriaali, joka mahdollistaa kalvomateriaalin puhdistamisen liasta. Tällainen kalvo on tarkoitettu ennen kaikkea liikennemerkkeihin, jotka ovat alttiita töhrimiselle. Toinen kalvoihin liittyvä keksintö oli päällismateriaali, jossa kosteus ei pisy. Tämä tekniikka perustuu pintajännityksen alentamiseen.

2.5 HAVAITTAVUUSKOKEILUT

Työkoneiden havaittavuutta parantavat kokeilut tehtiin Tielaitoksen Hämeen tiepiirin kunnossapitotoimialalla. Pääosa kokeiluista tehtiin Pirkkalan, Hämeenlinnan ja Lahden tiemestaripiireissä. Kokeilujen suunnitteluun ja rakentamiseen osallistui myös piirin keskuskorjaamo. Kokeiluihin tarvittavien materiaalien ja laitteiden hankintaan sekä valmisteluihin osallistui useita valmistajia ja maahan-tuojia. Tutkimuksessa ei ollut varattu resursseja erilaisiin laitehankintoihin ja kokeiluja varten saatiin tukea Tiehallitukselta.

Havaittavuutta parantavat kalustokokeilu perustuvat Ruotsiin, Tanskaan ja Saksaan suuntautuneen työmatkan sekä kalustokartoituksen tuloksiin. Kokeilujen toteutta-mista varten tehtiin suunnitelma (taulukko 3).

Taulukko 3. Havaittavuutta parantavien kalustokokeilujen suunnitelma.

- 1 HEIJASTAVAT MATERIAALIT
 - 1.1 Tiehöylän ääriviivojen merkintä heijastavilla materiaaleilla
 - 1.2 Heijastavien kylttien hankkiminen kuorma-autoon
 - 1.3 Fluorisoivien materiaalien käyttö suolausauton sivuilla ja takana
 - 1.4 Heijastimien käyttö havaittavuuden parantamisessa
- 2 VAROITUSVILKUT
 - 2.1 Suunnatut varoitusvilkut suolausautoon
 - 2.2 Erilaisten varoitusvilkkujen käyttökokeilut ja testaukset
- 3 KONEIDEN JA LAITTEIDEN MAALAUKSET
 - 3.1 Sivuhavaittavuuden parantaminen maalauksin
 - 3.2 Perälaudan ja perän havaittavuuden parantaminen
- 4 VALOTAULU
 - 4.1 Valotaulun käyttökokeilu
 - 4.2 Valokuitutekniikan käyttökelpoisuuden selvittäminen

2.6 TOIMENPIDE-EHDOTUSTEN LAATIMINEN

Yhtenä osana laadittiin selvitys tutkimuksen aikana syntyneistä toimenpide-ehdotuksista. Toimenpide-ehdotukset on koottu pääosin tutkimuksen muiden vaiheiden aikana saaduista ehdotuksista. Valtaosa toimenpide-ehdotuksista perustuu kalustokartoituksessa saatuihin tuloksiin.

Toimenpide-ehdotukset koskevat koneiden ja laitteiden valmistajia, viranomaisia ja tielaitosta. Toimenpide-ehdotukset ovat pääosin teknisiä kehitysratkaisuja, mutta osa toimenpide-ehdotuksista liittyy työntekijöiden koulutukseen ja kaluston tarkastustoimintaan.

Toimenpide-ehdotukset perustuvat työryhmissä tehtyyn työhön. Työryhmissä on pyritty määrittämään ne tahot, joiden pitäisi hoitaa kehitysideoita eteenpäin. Samalla on pyritty arvioimaan toimenpide-ehdotusten hyödyllisyyttä.

3 KUNNOSSAPITOKALUSTOLLE SATTUNEITA LIIKENNEVAHINKOJA

3.1 KUNNOSSAPITOTÖIDEN MERKITYS LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN SYNTYMISEEN

Liikenneonnettomuuksien on todettu kasvavan tietyön alaisilla tieosuuksilla. Virginian osavaltiossa kerättyjen tietojen mukaan kasvoi onnettomuustiheys 119 prosenttia tietyömaan kohdalla verrattuna tilanteeseen ennen tietyötä. TVL:n tutkimusten mukaan ovat työmaan ajoneuvot olleet osallisena 15 prosentissa tietyömaiden kohdalla sattuneista liikenneonnettomuuksista. Nämä onnettomuudet olivat useassa tapauksessa peruuttamisonnettomuuksia. Samanlaisia tuloksia on saatu myös Ruotsissa tehdyissä tutkimuksissa /Sauni, 1990/.

Liikenteessä tapahtuu noin 30 % onnettomuuksista öisin ja yöonnettomuudet ovat kaksi kertaa niin vakavia kuin päivällä sattuvat onnettomuudet. Nopeutta ei alenneta suhteessa näkömatkaan. Noin viidesosassa kaikissa yöajan onnettomuuksissa on alkoholilla vaikutusta. Väsymys, uneliaisuus tai rattiin nukahtaminen ovat yleisempiä vakavien liikenneonnettomuuksien syitä, eräässä haastattelututkimuksessa 50 - 70 % kuljettajista ilmoitti kokeneensa uneliaisuutta. Jalankulkijoiden riski joutua onnettomuuteen on öisin kaksinkertainen päivään verrattuna. Öisin sattuu päivää verrattuna useammin peräänajoja (varsinkin traktoreiden perään), samaan suuntaan ajavien ajoneuvojen sivutörmäyksiä ja vastakkain törmäämisiä /Koskela, 1984/.

3.2 KUNNOSSAPITOKALUSTOLLE SATTUNEIDEN LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN TAUSTAA

Tielaitoksessa on selvitetty kunnossapitokalustolle sattuneita liikenneonnettomuuksia vuosina 1985 - 1989 /Tien hoitoajoneuvojen vahinkotutkimus, 1991/. Analysoituja onnettomuuksia oli 58 kappaletta. Näistä onnettomuuksista sattui kaksi kolmasosaa päivänvalossa. Sääolosuhteet olivat onnettomuuden sattuessa enimmäkseen hyvät, sää oli kirkas tai pilvipoutainen. Onnettomuustapauksissa keli oli usein epäsuotuisa. Keli oli lumenen 19 tapauksessa ja jäinen 27 tapauksessa. Yleisin onnettomuuslaji oli peräänajo, joita oli 26 tapausta. Seuraavina tulivat kohtaamisonnettomuudet (10 tapausta). Suurin osa onnettomuuksista tapahtui tielinjalla (35 tapausta), risteysalueella tapahtui 19 onnettomuutta ja linja-autopysäkin

kohdalla tapahtui kolme onnettomuutta. Onnettomuudet sattuiivat yleisimmin auraustyössä (24 tapausta), hiekoituksessa (10 tapausta) ja höylästyössä (9 tapausta).

Tutkituissa onnettomuuksissa todettiin aiheuttajaksi 38 prosentissa kunnossapitoajoneuvo ja 62 prosentissa vieras ajoneuvo. Tielaitoksen kaluston osalta kuorma- ja pakettiautoille sattui valtaosa onnettomuuksista (42 tapausta), traktoreille sattui 7 onnettomuutta ja tiehöylille 9 onnettomuutta. Pakettiautojen onnettomuuksissa todettiin, ettei pakettiauton varoitusvilkku ollut riittävä varoitin. Kohtaamisonnettomuudet, joissa vahingon aiheuttajana oli muu kuin hoitoajoneuvo tapahtui joko tien mutkassa tai mäessä, jolloin vastaantulija ei havainnut kunnossapitoajoneuvoa riittävän ajoissa /Tien hoitoajoneuvojen vahinkotutkimus, 1991/.

Tutkittaessa onnettomuuksia, joissa vahingon aiheuttajana oli muu kuin kunnossapitoajoneuvo, niin neljässä peräänajotapauksessa törmäys tapahtui osittain tai kokonaan ajoradalle pysäköityyn kunnossapitoajoneuvoon. Onnettomuuden taustasyinä olivat mm. puutteellinen tietyön merkintä, varoitusvilkun päältä pois kytkeminen tai ylläolevan ajoneuvon huono merkitseminen. Risteysalueella tapahtuneet onnettomuudet olivat yleensä työkoneen perään ajamisia. Näissä onnettomuuksissa tuli esille se, että muun ajoneuvon kuljettaja on havainnut kunnossapitoajoneuvon liian myöhään, lisäksi joissain tapauksissa vastaantuleva liikenne on samalla estänyt työkoneen ohittamisen. Yhdessä onnettomuudessa osasyynä oli se, että perässä ajaneen auton kuljettaja ei ilmeisesti huomannut lumimyrskyn takia aurausauton suuntamerkkiä /Tien hoitoajoneuvojen vahinkotutkimus, 1991/.

3.3 HÄMEEN TIEPIIRIN KUNNOSSAPITOKALUSTOLLE SATTUNEITA LIIKENNEONNETTOMUUKSIA

Kunnossapitokalustolle on sattunut Hämeen tiepiirissä vuodessa parikymmentä liikenneonnettomuutta. Eniten onnettomuuksia on sattunut kuorma-autoille ja tiehöylille. Vahinko on sattunut usein risteysalueella. Liikenneonnettomuuksia on syntynyt, kun lähdetään ohittamaan työkoneita ohitukseen soveltumattomassa paikassa. Aura-auton ohittamista vaikeuttaa auran nostattama lumipilvi, joka häiritsee näkyvyyttä /Sauni, 1989 b/.

Työkoneille on sattunut onnettomuuksia, joissa vastaantuleva ajoneuvo on ajautunut työkoneen päälle (esim. kaarteessa). Ajoneuvo on useassa onnettomuudessa törmännyt työkoneeseen risteysalueella tai ajanut työkoneen perään. Onnettomuuskuvauksessa on työkoneen kuljettaja usein maininnut, että varoitusvilkku on ollut päällä onnettomuuden sattuessa. Kuitenkin on tapauksia, joissa onnettomuuden toinen osapuoli on väittänyt, ettei ole huomannut vilkun olleen käytössä. Vaikka voidaan olettaa, että vastapuoli pyrkii näillä väitteillä parantamaan omaa asemaansa, niin varoitusvilkun näkyvyyteen olisi kiinnitettävä huomiota /Sauni, 1989 b/.

Ongelmallisia ovat varoitusvilkun näkyvyyden suhteen mutkaiset ja mäkiset sekä samalla kapeat tiet huonoissa keliolosuhteissa, missä autoilijat eivät saa autoaan

pysähtymään näkemäalueella. Kookkaan kunnossapitoajoneuvon yllättävä ilmaantumisen aiheuttaa hätäantymisen ja "paniikkijarrutuksen", jolloin auton hallinta menetetään ja se saattaa ajautua kunnossapitoajoneuvon päälle /Sauni, 1989 b/.

Hämeen tiepiirin kunnossapitotyöntekijöiden haastattelujen mukaan oli lähes jokaiselle työntekijälle sattunut liikenneonnettomuuksia ja vaaratilanteita. Tietyissä työtehtävissä kuten auraustyössä tai ajoratamaalauksessa sattuu vaaratilanteita lähes päivittäin /Sauni, 1990/.

Haastatteluissa ilmeni seuraavanlaisia liikenneonnettomuuksia /Sauni, 1990/.

Työkoneen perään ajamisia:

- takana tullut ajoneuvo ajoi tien paikkaustyössä olleen pysähtyvän työkoneen perään
- pakettiauto ajoi pysähtyneenä olleen kuorma-auton perään ja romutti kuorma-autoon kiinnitetyn suolanlevittimen
- ajoneuvo ajoi aura-auton perään, joka oli auraamassa linja-auton pysäkkiä
- ajoneuvo ajoi traktorin perään, kun traktori oli harjaamassa ajorataa (pöly esti näkyvyyden).

Törmäys työkoneeseen risteysalueella:

- linja-auto ajoi auran päälle, kun aura-auto oli puhdistamassa risteystä.

Liikenneonnettomuus työkoneen peruuttamisen yhteydessä:

- peruutti kuorma-autolla toisen auton päälle (takana ollut auto oli piilossa katvealueella)
- henkilöauto ajoi risteyksessä niin lähelle kuorma-auton taakse, ettei sitä näkynyt peileistä - kuorma-autoa peruutettaessa jäi henkilöauto kuorma-auton alle (kuorma-auto oli outo sen kuljettajalle).

Työntekijän päälle ajaminen:

- höyrykehittimen kanssa työskennellyt korjausmies jäi tiellä olleita sula-misvesiä päästellessään auton alle (ylitti höyrypilli kädessään tien).

Törmäykset toiseen ajoneuvoon tiealueella:

- kippasi kuormaa risteysalueella kuorma-auton ollessa poikittain tien kulkusuuntaan nähden ja lähtiessään autolla liikkeelle törmäsi ohitse ajavaan autoon
- nokkakolari vastaan tulleen ajoneuvon kanssa.

3.4 KUNNOSSAPITOTYÖNTEKIJÖIDEN HAASTATTELUISSA ESIIN TULLEITA VAARATILANTEITA

Hämeen tiepiirissä on haastateltu laajasti kunnossapitotyöntekijöitä ja lähes jokainen haastateltava on ollut sitä mieltä, että liikenne aiheuttaa kunnossapitotöissä suurimmat vaarat ja ongelmat. Haastatteluissa ilmeni vaaratilanteita, joissa liikenneonnettomuus oli ollut lähellä /Sauni, 1990/.

Työkoneen ohitukset:

- aura-auto ohitetaan oikealta puolelta
- linja-auto pysäkkien aurauksessa luulevat takana tulevat, että aura-auto koukatessaan pysäkillä pysähtyy ja antaa tietä takana tulijoille (kuitenkin aura-auton pitäisi pystyä auraamaan pysäkki "vauhdilla")
- harjaustyötä tekevä työkone ohitetaan läheltä pölypilvessä, joka haittaa näkyvyyttä (vaarana samanaikaisesti ohittavan ajoneuvon törmääminen vastaantulevan liikenteen kanssa).

Vastaantulevan liikenteen aiheuttamat vaarat:

- vastaantuleva liikenne ei väistä keskitiellä kulkevaa aura-autoa
- vastaantulijat ajavat olosuhteisiin nähden liian suurta nopeutta ja työkoneen tullessa yllättäen vastaan hätäännyttään, jolloin "lukkojarrutuksen" seurauksena menetetään auton hallinta (varsinkin sivuteillä liukkaalla kelillä tai kaarteissa).

Työkoneen perään ajaminen:

- joku voi ajaa työkoneen perään, kun työkone on kääntymässä moottoritiellä ylityspaikalle.

3.5 KULJETTAJAN KÄYTTÄYTYMINEN

Kuljettajan katseen kohdistumista on tutkittu monessa eri tutkimuksessa, niissä on keskitytty liikennemerkkien, mainoksien sekä teiden varusteiden havaitsemiseen. Tutkimuksissa on todettu, että kuljettajan katse kohdistuu pääosin ajorataan tai muihin tienkäyttäjiin. Kuljettaja havaitsee ajosuorituksen kannalta merkitykselliset kohteet paremmin kuin merkityksettömät kohteet. Liikennemerkkien fysikaalinen ärsykearvo ei yleensä ratkaise merkin havaitsemista, sen sijaan motivaatiolla näyttäisi olevan suuri merkitys havaitsemiseen. Fysikaalisilla tekijöillä on ratkaisevaa merkitystä vain silloin, jos merkki on viallinen tai lumen peitossa tai valaistus ei ole sopiva. Koska motivaation ja ihmisen luontaisen käyttäytymisen merkitys on ilmeinen, tulisi liikennesuunnittelun tähdätä erityisesti liikenneympäristön johdonmukaisuuteen ja selkeyteen sekä sen sopeuttamiseen kuljettajan toimintaa vastaavaksi /Luoma & Karasmaa, 1986/.

Yhdysvalloissa on tutkittu kuljettajan havaintoetäisyyksiä. Päivällä havaintoetäisyys oli 945 - 1525 metriä ja yöllä hieman lyhempi noin 625 - 1220 metriä. Ha-

vaintoetäisyydet vaihtelivat huomattavasti eri kuljettajien välillä, varsinkin yöllä. Merkin koko vaikutti päivällä ajonopeuteen. Heijastavan pinnan suuruus vaikutti yöllä nopeuden vähentämiseen, havaintoetäisyyteen ja kaistanvaihtoon. Suuntaa voidaan osoittaa nuolikuviolla, mutta ei diagonaalikuviolla /Pain, 1981/.

Eri olosuhteet ja tekijät vaikuttavat havaittavuuteen. Kuljettajan iän lisääntyessä kaksinkertaistuu valon tarve joka 13 vuoden kuluessa /Hantula, 1988/. Lisäksi autoilijan liikkuminen oudolla tiellä pimeässä tai muissa huonoissa olosuhteissa lisää onnettomuusriskiä, tämä olisi otettava huomioon työkohteiden ja -koneiden havaittavuutta parannettaessa.

Ihminen tekee noin 90 prosenttia liikennehavainnoistaan silmillään. Ihmisen näkökentän laajuus on noin 180 astetta eli ihminen pystyy havaitsemaan liikkeitä jopa 90 asteen kulmasta. Toinen näköhavaintoja rajoittava tekijä on terävänäköalueen kapeus. Terävännäköalue siirtyy sinne, minne katse kohdistuu. Hälytysajoneuvo pystyy lähestymään toista ajoneuvoa sen kuljettajan näkökentässä, siten että kuljettaja ei havaitse hälytysajoneuvoa. Kolmas näköhavaintoa heikentävä tekijä on kulmanopeus. Kulmanopeudella tarkoitetaan sitä, että edessä olevat kohteet näyttävät silmään nähden pysyvän paikoillaan, kun taas sivusuunnassa olevat kohteet näyttävät liikkuvan sitä nopeammin, mitä sivummalla ne ovat. Mitä nopeammin henkilö liikkuu eteenpäin, sitä enemmän kulmanopeus vaikuttaa /Lampinen, 1989/.

4 KALUSTON HAVAITTAVUUDEN NYKYTILANNE

4.1 VÄRITYS

Värien näkyvyydestä (taulukko 4) ja huomionherättämiskyvystä (taulukko 5) on tehty erilaisia selvityksiä /Rihlama, 1990/.

Taulukko 4. Värien näkyvyys /Rihlama, 1990/.

1	Punainen
2	Vihreä
3	Keltainen
4	Valkoinen
5	Sininen
6	Purppura

Taulukko 5. Värien huomionherättämiskyky /Rihlama, 1990/.

1	Punainen
2	Punaoranssi
3	Keltainen
4	Purppuranpunainen
5	Vihreä
6	Valkoinen

Tekstiyhdistelmien luettavuutta (taulukko 6) on myös tutkittu, eri tutkijoilla on erilaisia mielipiteitä näistä yhdistelmistä, mutta samoja yhdistelmiä esiintyy eri tutkijoilla, vaikkakin eri järjestyksessä.

Taulukko 6. Tekstiyhdistelmien luettavuus /Rihlama, 1990/.

	Faber Birren	Robert F. Wilson
1	musta keltaisella	keltainen mustalla
2	vihreä valkoisella	valkoinen sinisellä
3	punainen valkoisella	musta oranssilla
4	valkoinen sinisellä	oranssi mustalla
5	musta valkoisella	musta valkoisella
6	valkoinen mustalla	

Merkintöihin, joiden tulee näkyä liikenteessä ja erottua mahdollisimman hyvin hämärässäkin, on yleensä valittava valkoinen tai lämminsävyinen väri ainakin toiseksi väriksi, koska toistaiseksi ei ole pystytty valmistamaan kylmänsävyisiä heijastevärejä. Liikenneturvallisuutta parhaiten edistävän ajoneuvovärin määrittäminen ei ole yksinkertainen tehtävä. Ajoneuvon erottuvuus taustaan on yksi tärkeimmistä tekijöistä. Seuraavaksi tärkein tekijä on ajoneuvon värin havaittavuus sekä päivä- että hämärännäköolosuhteissa. Taustan ja ajoneuvon erottuvuuteen vaikuttaa vuoden- ja vuorokaudenajan vaihtumisen lisäksi käyttöympäristö. Kolmanneksi on otettava huomioon värin vaikutus koettuun ajoneuvon lähestymisnopeuteen. Kylmänsävyisten ajoneuvojen nopeudet koetaan todellista hitaammaksi ja lämminsävyisten todellista suuremmaksi. Vaalea ajoneuvo koetaan tummaa suuremmaksi, ja se on näkyvämpi kuin tumma /Rihlama, 1990/.

Liikenneturvallisuuden kannalta on tärkeää, että kaikki törmäysvaaralliset kohteet ja liikennemerkkit erottuvat taustastaan ja ettei liikkuvilla tai kiinteillä mainosvaloilla heikennetä liikennevalojen ja turvallisuusmerkintöjen näkyvyyttä. On myös varottava synnyttämästä vaaraa tuottavia näköharhoja /Rihlama, 1990/.

Keltainen väri on väreistä kirkkain ja valovoimaisin. Se näyttää loistavalta, laajenevalta ja kohti tulevalta. Se on silmiinpistävä ja muodostaa kaikkien tummien värien kanssa näkyvimät mahdolliset väriyhdistelmät, jotka ovat havaittavuuden lisääjinä hyödyksi, mutta jatkuvasti näkökentässä ollessaan aiheuttavat ärsytystä ja rauhattomuutta. Oranssi on voimakkaasti lämmittävä ja kohti tuleva.

Laajana pintana oranssi on ahdistavan hyökkäävä, painostava ja jopa polttavankin tuntuinen. Yhdessä mustan kanssa oranssi muodostaa tehokkaasti huomiota herättävän yhdistelmän. Punainen ei ole yhtä valovoimainen kuin keltainen, mutta se erottuu ympäristöstään poikkeuksellisen hyvin sekä värivalona että pintana. Sininen on paljossa punaisen vaikutuksille vastakkainen. Sininen koetaan viilentävänä ja rauhoittavana. Se tuntuu voimakkaasti etääntyvän ja avartavan tilaa. Valkoinen väri jättää kaiken avoimeksi. Se on yksinään ympäristönä kylmä, mutta muodostaa oivallisen taustan värikkäille esineille /Rihlama, 1990/.

Ruotsin tielaitoksen parissa on pohdittu myös kunnossapitokaluston väritystä, tielaitoksen auton väritys pitäisi poiketa muista autoista. Keltainen väritys on kokenut eräänlaisen inflaation, tätä väriä on muillakin käytössä kuin tielaitoksella. Tielaitoksessa on pohdittu sinivalkoisen värityksen käyttöönottamista. Valkoinen väri on kesällä hyvä, mutta talvella se erottuu lumen johdosta huonosti /Sauni, 1991/.

4.2 RAIDOITUKSET

Ruotsin tielaitoksessa ollaan sitä mieltä, että vinoraidoitus näkyy paremmin kuin pystyraidotus /Sauni, 1991/. Yhdysvalloissa on tutkittu liikenteenohjauslaitteiden tehokkuutta /Pain, 1981/. Tutkimuksessa tuli esiin seuraavia liikenteenohjauslaitteiden suunnittelussa huomioon otettavia tekijöitä:

- sulkupuomien ja -pylväiden optimaalinen raitaleveys on 15 tai 20 cm
- oranssin ja valkoisten raitojen optimaalinen suhde on yhtä paljon molempaa väriä tai enemmän valkoista
- pystysuora raidoitus on paras, seuraavaksi paras on vaakasuora, havaitseminen heikkeni käytettäessä vinoraidoitusta
- nuolimuoito osoittaa parhaiten suuntaa kuljettajalle
- pystysuorat sulkupylväät ovat tehokkaampia kuin vaakasuorat sulkupuomit
- korkeat, kapeat pystysuorat sulkupylväät ovat suositeltavampia kuin lyhyet ja leveät pylväät.

Saksassa on määritelty tietyökoneiden varoitusmerkinnät, ne perustuvat normiin DIN 30710. Varoitusmerkintä tapahtuu punavalkoisella vinoraidoituksella. Punainen raita on fluorisoivaa ja valkoinen on takaisinheijastavaa. Vinoraidoituksella merkitään työkonen etu- ja takapää sekä sivut ja mahdollisesti kaikki ulkonevat osat kuten lisälaitteet. Raidoituksen leveys on 141 mm tai 282 mm. Raskaisiin ajoneuvoihin (paino yli 2,8 tonnia) on tien varteen pysäköidessä laitettava yön ajaksi yöpysäköintitaulu. Taulun mitat ovat 423 x 423 mm tai 285 x 285 mm ("korkeasti heijastavalla materiaalilla"). Taulu perustuu takaisinheijastavaan punavalkoraidoitukseen /Sauni, 1991/.

Raskaiden ja pitkien ajoneuvojen merkintää on kehitetty merkkikilvet, ne perustuvat E-sääntöön numero 70. Merkkikilvistä näkee ajoneuvon tai yhdistelmän koon, sillä kuorma-autoilla ja moottoriyökonilla on erilaiset kilvet kuin ajoneuvoyhdistelmällä. Kilvissä on useita kiinnitysvaihtoehtoja /Sauni, 1991/.

Yhdysvalloissa käytetään oranssi/valkoinen ja oranssi/musta raidoituksia, sen sijaan Keski-Euroopassa on käytössä punainen/valkoinen ja sininen/valkoinen raidoitukset. Suomessa vastaavasti käytetään punainen/keltainen raidoituksia. Kirjallisuudesta ei ole saatu selville eri väriyhdistelmien käytön perusteita, ehkä kysymyksessä voi olla osin käytäntö joka on muodostunut ajan myötä.

Yhdysvalloissa on ohjeet raskaiden ajoneuvojen merkinnästä heijastavalla punaval-koisella raidoituksella. Raidoituksella merkitään työkoneen sivut ja perät, perän merkinnässä pyritään tuomaan esille työkoneen muoto. Raidoituksen leveys 3,8 - 10 cm. Jos heijastava kalvo on kapea, niin sen heijastusominaisuudet pitää olla paremmat. Punaisen raidan pituus on 28 cm ja valkoisen raidan pituus on 17,8 cm. Työkoneen sivujen merkintään voidaan käyttää myös yhden väristä heijastavaa materiaalia /Draft, 1991/.

4.3 HEIJASTAVAT KALVOT

Heijastavia kalvoja tehdään monessa eri yrityksessä. Kalvoja tehdään eri tapaa ja heijastus tapahtuu erilaisista rakenteista. Yrityksillä on käytössään seuraavia kalvotyyppjä tai vastaavia, kuten

- Engineer Grade eli EG
- High Intensity eli HI
- Diamond Grade eli DG.

EG:ssä ja HI:ssä heijastus perustuu lasihelmiin, mutta DG:ssä on käytössä prismoja. DG-kalvotyytit omaavat suuren laajakulmaheijastavuuden ja ne soveltuvat erityisesti käytettäväksi merkeissä ja tauluissa, joita lähestytään monelta eri suunnalta. Tämä periaate soveltuu myös kunnossapitokalustoon laitettaviin kalvoihin.

Heijastavien materiaalien heijastumisominaisuuksista on tietoa, kuitenkin tieto siitä miten heijastus säilyy kalvon ollessa kuraantuneena tai lumisena on vähäistä. Kalvovalmistajat takaavat yleensä vain heijastuksen, sen sijaan kiinnitys ja kalvon pysyminen on asiakkaan vastuulla, vaikka osa kalvojen valmistajista haluaa ensin hyväksyä kiinnitystavan. Tietoa kalvojen tarkasta kestävyyydestä puuttuu, varsinkin erilaisten pesukemikaalien ja muiden aineiden kulutusta vastaan. Myynnissä on kuitenkin kalvoja, jotka on tarkoitettu autojen varoitusmerkintöihin, joten niiden kehitystyössä on ilmeisesti jouduttu pohtimaan näitä asioita.

Alustavan luonnoksen mukaan työkoneiden heijastavien kalvojen heijastusominaisuudet riippuvat heijastavan kalvon leveydestä. Kun kalvo on 5-10 cm leveä, pitää takaisinheijastuksen arvo (SIA) olla valkoisella kalvolla 300 ja punaisella kalvolla 75. Kalvon leveyden ollessa 4 cm pitää vastaavat arvot olla valkoisella kalvolla 400 ja punaisella 100 /Draft, 1991/.

Heijastavien kalvojen sijoittelua ja muotoja työkoneiden pinnoissa on tutkittu mittauksin. Parhaat vaihtoehdot olivat takaapäin havaittavuuden kannalta yhtenäisen leveä vaakasuora raita joko lavan ylä- tai alareunassa tai kaksi kapeampaa

vaakasuoraa raitaa lavan alareunassa. Huonoin vaihtoehto perustui pilkkumaisiin heijastaviin kalvoihin /Schmidt-Clausen/.

Sivuhavaittavuuden osalla parhaat vaihtoehdot olivat samanlaisia eli leveä yhtenäinen kalvo keskellä auton sivussa tai kaksi kapeampaa kalvoa samassa paikkaa sekä auton sivujen ääriiviivojen muotoilu leveällä kalvolla. Huonoja vaihtoehtoja olivat pilkkumaisiin tai kolmiomaisiin heijastaviin pisteisiin perustuvat mallit. Paras yhdistelmä olisi kuitenkin työkoneiden sivu- ja taaksepäin havaittavuuden parantamisessa merkitä työkoneen ääriviivat sivuilla ja takana leveällä kalvolla /Schmidt-Clausen/.

4.4 VALOT

Monessa työkoneessa valoihin ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota. Valojen koossa ja sijoittelussa tuntuu olevan tärkeintä, että määräykset täytetään. Niiden sijoittelussa ei mietitä riittävästi niiden havaittavuutta tai puhtaana pysymistä. Valojen koko on usein pieni verrattuna työkoneiden kokoon. Lisäksi valoja voidaan laittaa alkuperäistä pienikokoisemmaksi vain sen vuoksi, että korin valmistajan mielestä auton ulkoasu kärsii kookkaista valoista. Valojen sijoittelussa ei ole myöskään mietitty riittävästi sitä, ettei valojen ja vilkkujen välillä pääsisi tapahtumaan sekoittumista. Työkoneiden lisälaitteet peittävät usein itse työkoneen valoja ja vilkkuja, jolloin lisälaitteeseen rakennetaan omia valoja tai työkoneeseen rakennetaan lisää valoja. Tällöin saatetaan unohtaa se periaate, että nämä valot pitäisi olla ainakin samansuuruiset ja -tehoiset kuin itse työkoneen valot.

Yhdessä tutkimuksessa tarkastettiin 488 kuorma-auton valot. Näistä 15 prosentissa olivat ajovalot moitteettomassa kunnossa. Noin puolessa kuorma-autoissa oli valojen suuntausvirheitä ja noin 30 prosentissa oli lasin tai peilipinnan kunnossa huomauttamista. Heikkotehoisia kaukovaloja (valaistusvoimakkuus alle 16 lx) löytyi noin 15 prosentissa kuorma-autoista /Rajalin, 1986/.

Yhdysvalloissa on todettu yhdessä tutkimuksessa, että lisäjarruvalo vähensi peräänajo-onnettomuuksia keskimäärin 22 prosenttia ja yli viidesosa jarrutuksen yhteydessä tapahtuneista peräänajoista jäi syntymättä. Ylös sijoitettu jarruvalo puhelinyhtiön autoissa ja taksiautoissa vähensi toisen tutkimuksen mukaan peräänajo-onnettomuuksia noin 50 prosenttia. Ylös sijoitettu jarruvalo on perässä ajavan kuljettajan näkökentässä, jota hän tavallisesti seuraa. Ylös keskelle sijoitettu jarruvalo näkyy jonossa kauas taakse ja mahdollistaa aikaisemman jarrutuksen. Lisäjarruvalo on myös erillään muista valoista ja vähentää siten valojen vääriä tulkintoja, joita saattaa tapahtua, jos vilkku- ja jarruvalot ovat samassa valaisimessa /Hantula, 1988/.

4.5 VAROITUSVILKUT

Hälytysajoneuvojen ja kunnossapitokaluston havaittavuus perustuu monelta osin samoihin asioihin. Hälytysajoneuvojen havaittavuutta on tutkittu ja niissä on löydetty ongelmia. Hälytyslaitteiden valojen tehossa on suuria eroja. Kirkkaalla säällä tehokas hälytysvalolaitteisto näkyy jopa 2,4 kilometrin päähän. Heikkotehoi-

sen hälytysvalon näkyvyysmatka on enintään puoli kilometriä. Hälytysvalon tehokkuuteen liikenteessä vaikuttaa hyvin huomattavasti se, joutuuko hälytysvalo kilpailemaan erilaisten häiriövalojen kanssa. Laskeva tai nouseva aurinko on pahimpia häiriövaloja /Lampinen, 1989/.

Silmän valosäätöjärjestelmä aiheuttaa sen, että näkökentän jostain kohdasta tuleva voimakas valo alivalottaa näkökentän. Tämä tarkoittaa yksityiskohtien katoamista ja muuttumista mustiksi, syntyy silhuetteja. Tällaisen silhuetin keskellä oleva valolähde näkyy melko hyvin, mutta ääriiviivalla oleva valo voi hukkuu täysin takaa tulevan tehokkaan valon alle. Jos hälytysajoneuvo lähestyy matalalla paistavan auringon suunnasta, yksittäinen ajoneuvon katolla olevan varoitusvilkun teho katoaa. Sitä vastoin paneelityyppinen kattovilkku säilyttää merkityksensä huomattavasti paremmin. Paras valoteho saadaan näissä oloissa puskurivaloilla. Toisen häiriövalolähteen muodostavat ajoneuvon ajovalot - sekä omat että muiden. /Lampinen, 1989/. Kaupunkialueella on myös lukuisia muitakin häiriövaloja, kuten katu- ja mainosvalot, jotkut mainosvalot ovat jopa vilkkuvia.

Mitä matalampi ajoneuvo on, jolloin ajovalot ja katolla oleva hälytysvalo ovat lähellä toisiaan ja mitä heikompi hälytysvalo on, sitä heikommin hälytysvalo huomataan. Pimeällä kaukovalot mitätöivät heikompien hälytysvalojen näkymisen eteenpäin. Sama tapahtuu suuntavilkuille. Pimeällä tiellä jonossa olevien ajoneuvojen valot muodostavat hälytysajoneuvoa vastaan tulevalle ajoneuvolle varsinaisen häiriövalomeren, johon yksittäinen katolla oleva varoitusvilkku hukkuu lähes kokonaan ja loivassa kaarteissa vasemmalle aivan kokonaan. Näkyvyydeltään rajoittuneissa kaarteissa menettävät hälytysvalot merkityksensä. Samoin käy harjanteilla /Lampinen, 1989/. Varoitusvilkkujen näkyvyyttä voivat peittää muut liikenteessä olevat ajoneuvot, teiden varusteet sekä istutukset ja varsinkin kaupunkialueella rakennukset. Näkyvyydeltään rajoittuneissa risteyksissä varoitusvilkut eivät näy välttämättä kovin kauas.

Vilkkujen havaittavuus perustuu moneen tekijään, kuten välähdyksen taajuuteen, valopulssin pituuteen ja muotoon, hetkelliseen maksimiarvoon, valoisuus/pimeys osamäärään. Pääasia vilkkujen havaittavuuden kannalta on niiden tehollinen voimakkuus. Vilkkujen värillä on myös merkitystä, eri väristen vilkkujen havaittavuus riippuu myös valoisuudessa. Hämärässä näkyvä väri ei välttämättä näy hyvin kirkkaalla päivänvalolla. Ongelmaa voitaisiin poistaa rakentamalla kahden tai useamman värisiä vilkkuja. Punainen varoitusvilkku näkyisi paremmin kuin sininen vilkku päivänvalossa, sininen on taas parempi pimeässä. Valkoisen valon intensiteetti olisi kuitenkin paras, koska tällöin valotehon häviöt ovat pienimmät /Dahlstedt, 1991/.

Vilkkuvan valon havaittavuus ei ole välttämättä parempi kuin kiinteän valon. Kiinteä valo voi olla havaittavuuden kannalta parempi kuten kiinteissä liikenteenohjauslaitteissa. Tärkeintä valon havaittavuudessa tuntuu olevan sen tehollinen voimakkuus. Samoin vilkkujen määrän lisääminen ja sijoittelu eripuolille konetta ei ole havaittavuuden kannalta niin hyvä ratkaisu kuin varoitusvalon tehollisen voimakkuuden lisääminen. Vilkkujen välähtely eriaikaan ei myöskään välttämättä paranna havaittavuutta /Dahlstedt, 1991/.

Vilkkujen havaittavuutta on tutkittu pääasiassa olemassa olevien vilkkujen pohjalta, kokeiluja varten ei ole juurikaan rakennettu omia prototyypppejä. Vilkkujen toimintaperiaatteita ei ole haluttu lähteä muuttamaan osin sen takia, että muutokset vilkkujen laatuperusteisiin aiheuttaisivat suuria kustannuksia. Vilkkujen välähdystaajuuden pitäisi olla erään tutkimuksen mukaan 6 Hz, mutta toisaalta tutkimuksessa tyydytään normien mukaisiin arvoihin /Dahlstedt, 1991/.

Vilkkujen havaittavuuden ohella pitäisi myös tutkia sitä, miten vilkut ohjaavat muita tiellä liikkujia. Vaikka autoilija havaitsee hälytysajoneuvon vilkun, niin osaako hän toimia tässä tilanteessa oikein. Vilkkujen havaitseminen ei pelkästään riitä, autoilijan olisi tiedettävä mitä tämä merkitsee, vilkkujen olisi ohjattava muita tiellä liikkujia. Vilkkuva valo ei myöskään kerro lähestyvälle autoilijalle kuinka kaukana on vilkkuvan valon kohde /Dahlstedt, 1991/.

Tielaitoksen ohjeissa /Liikenne tietyömaalla, 1992/ on otettu kantaa vilkkujen määrään ja sijoitteluun. Kattovilkkua asetettaessa on kiinnitettävä huomiota vilkun näkymiseen käytettäessä konetta työssä. Vilku pitää sijoittaa niin, että ajoneuvoon kiinnitettävät laitteet tai työvälineet eivät työskenneltäessä estä vilkkujen näkymistä tielle. Tarvittaessa on käytettävä useita vilkkuja. Hiekoituksessa käytettävään kuorma-autoon on laitettava vilku lavan etureunaan niin, että se näkyy myös lavan ollessa pystyssä. Ohjeissa annetaan lupa käyttää maalausajoneuvoissa suunnattuja päivävilkkuja kattovilkun lisäksi.

Vahinkotutkimuksen yksi johtopäätös oli, että hoitoajoneuvojen varoituslaitteisiin ja havaittavuuteen on kiinnitettävä erityishuomiota. Varoittaminen pelkän vilkun avulla on puutteellinen toimenpide. Keltainen vilku on varoituslaitteena menettänyt merkitystään sen käytön yleistyessä moninaisiin laitteisiin ja olosuhteisiin. Vilkun havaittavuus on osoittautunut kuitenkin rajoitetuksi. Havahduttaakseen muut ajoneuvon kuljettajat sen tulisi erottua nykyistä näkyvämmiin ympäristöstään. Aurausauton katolla oleva vilku saattaa peittyä lumipölyyn ja harjatraktorin vilku hiekkapölyyn. Vilkasliikenteisellä tiellä hoitoajoneuvo vilkkuineen jää usein ensimmäisen pysähtymään joutuneen ajoneuvon katveeseen /Tien hoitoajoneuvojen vahinkotutkimus, 1991/. Vilkun merkitys varoituslaitteena vähenee toimittaessa mutkaisilla ja mäkisillä teillä, joilla ei ole riittäviä näkemiä ajoneuvojen pysäyttämiseksi.

4.6 OPASTEET

Muuttuvat opasteet voidaan toimintaperiaatteensa mukaan jakaa viiteen pääluokkaan /Muuttuvien opasteiden käyttö yleisillä teillä, 1989/:

- mekaaniset merkit
- sähkömekaaniset merkit
- valaistusperiaatteella toimivat merkit
- magnetismin perustuvat merkit
- nestekidemerkit.

Mekaaniset merkit ovat käsitöitä ja ne soveltuvat hyvin käyttöön tietyillä. Merkkejä voitaisiin käyttää myös joissakin työkaluissa. Merkkiä valittaessa on otettava huomioon viestin vaihtamisen helppous. Sähkömekaanisia merkkejä on useita eri tyyppisiä, yleinen merkkityyppi on pyörivillä prismoilla toimiva merkki. Haluttu viesti saadaan aikaan kääntämällä kukin prisma haluttuun muotoon. Näitäkin merkkejä voisi olla mahdollista käyttää työkaluissa, tosin Suomen vaikeat ilmasto-olosuhteet saattavat tuottaa toimintavaikeuksia joillekin merkkityypeille. Viestin vaihtamiseen menee aikaa 2 - 6 sekuntia, jolloin autoilija saattaa saada ei-toivottua viestiä. Pyörivillä prismoilla toteutetun merkin hyviä puolia ovat yksinkertainen ohjaustapa, hyvä näkyvyys (paitsi sumussa) sekä vähäinen virrankulutus /Muuttuvien opasteiden käyttö yleisillä teillä, 1989/. Näitäkin merkkejä voitaisiin kokeilla joissakin työkaluissa, kuten erilaisten viestien antaminen muille autoilijoille (esim. tekstit "pysähdyn, peruutan ja käännyn").

Valaistusperiaatteella toimivista merkeistä ovat käyttökelpoisia kuituoptiset merkit. Kuituoptiset merkit soveltuvat hyvin myös sellaisiin kohteisiin, joissa viesti vaihtuu useasti ja viestin vaihtamisen tulee tapahtua nopeasti. Kuituoptisissa merkeissä valo johdetaan lampusta erityistä kuitukimppua pitkin merkkipintaan, jossa se muodostaa halutun kuvion. Kukin viesti vaatii oman lampun ja kuitukimppun. Viestien määrä voi olla kuitenkin suuri. Kuituoptisten merkkien hyvinä puolina ovat hyvä havaittavuus huonoissakin sääolosuhteissa sekä toimintavarmuus vaikeissakin olosuhteissa. Huonoina puolina ovat korkea hankintahinta ja se, että viesti on nähtävissä kapeassa havaintokulmassa sekä virrankulutus. Kuituoptisilla merkeillä on mahdollista esittää erilaisia symboleja ja liikennemerkkejä sekä testejä. Värien käyttö on mahdollista käyttämällä värisuodattimia välittömästi lampun edessä /Muuttuvien opasteiden käyttö yleisillä teillä, 1989/.

Kuituoptiikalla rakennettuja merkkejä voidaan käyttää työkaluissa, koska lamppu voidaan sijoittaa kohtaan, jossa se ei ole altis tärinälle tai muulle vaurioitumiselle. Kapeasta havaintokulmasta voi olla myös hyötyä, sillä silloin merkki näkyy vain niille, joille se on tarkoitettu (esim. perässä ajaville merkki, jossa lukee teksti "älä ohita").

Magnetismiin perustuvat merkit toteutetaan levyatriisimerkkeinä tai seitsemän segmentin merkkeinä. Atriisimerkkien atriisi koostuu levyistä, joiden puolet ovat erivärisiä. Levy saadaan kääntymään antamalla lyhyt sähköpuls, mutta levy pysyy paikallaan pienen magneetin avulla. Levyatriisimerkkien havaittavuus ja luettavuus on hyvä isollakin katselukulmilla ja nämä merkit ovat osoittautuneet ulkomaille luotettaviksi. Merkkien hankintahinta on kuitenkin korkea, varsinkin silloin kun levyjen lukumäärä on suuri. Magnetismiin perustuvia merkkejä voitaisiin käyttää työkaluissa ja liikennettä ohjaavissa autoissa (esim. taulu auton katolla, joka kehottaa ajamaan varovasti liikenneonnettomuuden vuoksi). Seitsemän segmentin merkit koostuvat moduuleista, joilla kullakin voidaan esittää numerot 0 - 9. Näitä merkkejä voidaan käyttää osoittamaan nopeusrajoituksia. Merkki- en etuna on liikkuvien osien vähäisyys /Muuttuvien opasteiden käyttö yleisillä teillä, 1989/.

Nestekidemerkeissä on normaali liikennemerkki nestekidelevyn takana. Normaalitilassa suojalevyssä olevat nestekiteet hajauttavat tulevan valon kaikkiin suuntiin. Tällöin suojalevyn takana oleva liikennemerkki ei näy suojalevyn läpi. Kun merkkiin johdetaan virtaa, niin tuleva valo läpäisee levyn lineaarisesti ja suojalevy tulee näkyväksi sekä itse liikennemerkki tulee näkyviin. Viesti voidaan muuttaa vaihtamalla suojalevyn takana oleva liikennemerkki. Nestekidemerkin hyvänä puolena on myös yksinkertainen toimintatapa, mutta nestekidemerkillä voidaan esittää vain yksi viesti. Talviaikaan voidaan suojalasi joutua lämmittämään huurtumisen estämiseksi /Muuttuvien opasteiden käyttö yleisillä teillä, 1989/.

4.7 MUUT TYÖKONEIDEN HAVAITTAVUUTTA PARANTAVAT KEINOT

Saksassa on mahdollista käyttää työkoneissa varoituslippuja, lipun kiinnittäminen autoon tapahtuu magneettitelineellä, joka voidaan laittaa kiinni auton kylkeen. Kiinnitys on niin luja, että se ei lähde irti ajettaessa pienellä nopeudella. Varoituslippuja on ainakin kolmea eri mallia, lippujen koko on 500 x 500 mm:

- valko-puna-alkoraidoitus, valkoiset raidat kapeita
- kokopunainen lippu
- valko-puna-alkoraidoitus, valkoiset raidat kapeita, lippu on heijastava (sopii käyttöön pimeän aikana).

Valopuikkojen valo perustuu siihen, että puikossa oleva nesteampulli rikotaan ja kahden nesteen välinen seos muodostaa valoa. Valopuikkoja käytetään mm. poliisivoimissa ja armeijassa (esim. maahanlaskupaikkojen merkintään). Valopuikkoja voidaan käyttää liikenteenohjaukseen, varsinkin onnettomuustapauksissa. Valopuikkoja varten on rakennettu jalvoja, johon puikko voidaan sijoittaa. Lisäksi on magneettikiinnittimiä, joihin valopuikko voidaan laittaa. Näitä kiinnittimiä voisi käyttää työkoneissa ja lisälaitteissa. Valopuikkoja voidaan käyttää työntekijöiden havaittavuutta parantamaan. Valopuikkojen ohella on olemassa muitakin malleja kuten valorenkaita.

Työkoneiden havaittavuus ehkäisee onnettomuuksia, mutta hyvä havaittavuus ei suoja onnettomuustilanteissa. Yhdysvalloissa on kiinnitetty huomiota törmäyssuojiiin, joita käytetään paljon tiealueilla ja tietyökohteissa. Työkoneisiin on mahdollista saada törmäyssuojia. Törmäyssuojat hidastavat perään ajavan ajoneuvon nopeutta ja samalla vähentävät vaurioita molemmille ajoneuvoille. Törmäyssuojien rakenne perustuu alumiinisiin kammioihin, jotka antavat peräksi törmäyksessä ja samalla "imevät" liike-energiaa.

Tielaitoksen ohjeet tuntevat käsitteet hinattavat varoituslaitteet ja kuorma-auton perään kiinnitettävät varoituslaitteet. Näistä laitteista on olemassa omat ohjeensa /Sulku- ja varoituslaitteet, 1984/. Saksassa ja Ruotsissa löytyy liikkuvissa työkohteissa työkoneisiin kiinnitettyjä hinattavia varoituslaitteita, jotka vedetään eteenpäin työn edistymisen myötä. Hinattavissa varoituslaitteissa on käytössä myös valonuoia tavallisten liikenteenjakajamerkkien ohella /Sauni, 1991/. Usein tämä liikenteenjakajamerkki on vielä suurikokoinen. Hinattavissa varoituslaitteissa

käytetään vielä liikenteen ohjaukseen merkkiä, joka kertoo kaistojen päättymisestä. Varoituslaite on voitu kiinnittää myös kauko-ohjattavaan lokariautoon /Sauni, 1989 a/. Varoituslaitteita voidaan laittaa ahtaissa paikoissa myös ajoneuvon katolle. Varoituslaitteet ovat kuitenkin vain varoituslaitteita, törmäyksessä ne eivät anna suojaa tai pienennä törmäyksen voimaa.

4.8 KALUSTOKARTOITUKSESSA ESIIN TULLEITA PUUTTEITA

Hämeen tiepiirissä tehdyssä kalustokartoituksessa tarkastettiin kunnossapitotöissä käytettävän kaluston havaittavuuden nykytilanne. Tarkastusta varten oli kehitetty oma tarkastuslomake ja tarkastus tapahtui ryhmätyönä. Tarkastuksessa löydettiin useita puutteita kaluston havaittavuudessa.

Etuvalot

Joissakin työkoneissa todettiin etuvalojen olevan tehottomia tai huonokuntoisia. Valojen osalla oli ongelmia sijoittelussa, sillä valot saattoivat kuraantua helposti. Työkoneisiin laitetut lisälaitteet aiheuttivat valoille katveja. Linkkuun menevissä työkoneissa ei etuvalojen suuntaus ollut enää oikea, kun konetta ajettiin "linkun ollessa taittuneena".

Takavalot

Takavalot olivat monessa koneessa ja laitteessa melko pienet. Lisälaitteet aiheuttivat takavaloilta katveja ja lisälaitteen takavalot olivat usein heikkotehoisimmat/-laatuoisimmat kuin itse työkoneen. Takavalot kuraantuivat tai lumettuivat helposti, varsinkin auratessa takavalojen näkyminen oli heikkoa. Takavalojen sijoittelu oli joissakin koneissa huono, niiden näkyminen oli heikkoa.

Aurausvalot

Aurausvalot saattoivat olla heikkotehoisimpia ja huonolaatuoisimpia kuin itse työkoneen etuvalot. Valojen sijoittelu oli joissakin koneissa sellainen, että ne aiheuttivat häikäisyä kuljettajalle heijastuessaan joistakin pinnoista ohjaamoon. Aurausvalojen suuntaus saattoi olla myös huono.

Työvalot

Työvalot olivat usein myös heikkotehoisia ja huonokuntoisia. Työvalojen sijoittelussa ja suuntauksessa oli puutteita, työvalot olivat usein kuraaisia. Takana olevat valkoiset työvalot saattoivat aiheuttaa sekaannuksia, muut tiellä liikkujat voivat tulkita ne etuvaloiksi.

Suuntavilkut

Suuntavilkkujen sijoittelu oli usein huono. Suuntavilkut kuraantuivat helposti. Lisäksi suuntavilkkujen valot sekoittuivat usein varoitusvilkkujen valoihin, sillä

vilkut olivat sijoitettu lähekkäin. Suuntavilkkujen havaittavuus sivuilta tai takaa päin oli joissakin koneissa heikkoa. Vilkkujen koko oli joissakin malleissa melko pieni.

Varoitusvilkut

Varoitusvilkut olivat monessa koneessa liian alhaalla tai niiden edessä oli katveja, jolloin vilkut eivät näkyneet joka suuntaan. Vilkkujen valaistusvoimakkuus ei muuttunut valaistuksen myötä. Päivällä vilkun havaittavuus saattoi olla huono ja yöllä kirkas vilkku häiritsi kuljettajaa heijastuessaan ohjaamoon joko koneen pinnoista tai lumisateesta. Yhden vilkun käyttäminen ei ole useinkaan riittävää, koska yhden vilkun näkyminen eri katveiden vuoksi voi olla rajattua.

Varoitusvalot

Varoitusvaloja käytettiin vähän, niiden kestävyys oli huono. Varsinkin auroissa varoitusvalot eivät kestäneet juuri mitään.

Heijastimet

Heijastimet olivat pieniä ja ne täyttivät juuri minimivaatimukset. Heijastimien sijoittelua ei oltu mietitty, heijastimet kuraantuivat tai rikkoutuivat helposti. Heijastimet oli usein sijoitettu niin, ettei niistä ollut todellista hyötyä, sillä ne oli sijoitettu vinoihin pintoihin, jolloin niihin tullut valo ei heijastunut takaisin valolähteen suuntaan. Heijastimet olivat usein myös vääntyneet ja rikkoutuneet tai ne olivat niin kuraiset, ettei niillä ollut havaittavuuden kannalta mitään merkitystä.

Hitaan ajoneuvon kolmiot

Hitaan ajoneuvon kolmiot olivat usein haalistuneita ja rakkuloilla. Hitaan ajoneuvon kolmioiden sijoittelu oli myös kirjavaa sekä puutteellista. Joissakin takana olevissa lisälaitteissa ja takapainoissa ei ollut hitaan ajoneuvon kolmioita. Jotkut hitaan ajoneuvon kolmiot olivat rikkinäisiä, vinossa tai vääntyneitä.

Väritys

Työkoneiden väritys oli joissakin tapauksissa kulunut tai likainen. Väritystä ei oltu suunniteltu kokonaisvaltaisesti, kone oli yleensä maalattu samalla värillä. Joistakin pinnoista heijastui valo kuljettajan silmiin. Koneiden väritys ei ollut yhtenäinen, käytössä oli erisävyisiä keltaisia ja myöskin muun värisiä koneita. Joistakin koneista puuttui jopa tielaitoksen logo. Lisälaitteiden väritys oli monessa tapauksessa heikkolaatuinen.

Turvamaalaukset ja -teipit

Turvamaalaukset olivat monasti huonolaatuisia ja huonosti suunniteltuja. Turvamaalauksia oli laitettu kohtiin, missä ne kuluivat tai likaantuivat helposti. Raidoituksille ei ollut aina riittävää kontrastia, jolloin niiden hahmottaminen oli

heikkoa. Raidoituksen muoto ja malli oli usein myös huono. Työkoneiden sivujen raidoitus puuttui lähes kokonaan. Turvamaalauksilla ei ollut yhtenäistä käytäntöä.

Liikennemerkkit

Liikennemerkkejä käytettiin vähän. Valonuolia oli muutama käytössä, mutta ne eivät erottuneet riittävän hyvin keltaisesta taustasta.

Suoja- ja varoitusaidat

Suoja- ja varoitusaitoja oli käytössä vähän, niillä ei ollut yhtenäistä mallia. Suoja- ja varoitusaidat eivät antaneet onnettomuuden varalta törmäyssuojaa.

Varoitus- ja hälytysmerkin antajat

Varoitus- ja hälytysmerkin antajia ei ollut juuri käytössä. Peruutushälyttimien puuttuminen oli yleistä.

Lisälaitteen vaikutus kytkettynä

Lisälaite aiheutti työkoneen valoille ja vilkuille katveja. Tätä ei oltu aina otettu huomioon lisälaitteen suunnittelussa. Lisälaitteessa olevat valot ja vilkut olivat monasti heikkotehoisimmat ja -laatusimmat kuin itse työkoneen vastaavat varusteet. Niiden sijoittelu saattoi olla myös huonompi. Lisälaitteiden havaittavuus oli monasti myös huono, niiden värityys oli kulunut. Turvamaalaukset ja heijastimet joko puuttuivat tai olivat kuluneet ja rikki. Lisälaitteiden turvamaalaukset olivat joko kuluneet tai kurassa tai sitten niitä ei ollut. Lisälaitteet aiheuttivat katveja myös koneiden kuljettajille.

Muuta

Työkoneiden sivuhavaittavuutta ei oltu juuri mietitty. Koneiden kuljettajien havaittavuus oli monasti heikkoa, sillä kuljettajat eivät käyttäneet näkyvää suojavaatetusta.

Havaittavuutta parantavien varusteiden likaantuminen tai rikkoutuminen vähensivät kaluston havaittavuutta. Tarkastustoiminnassa ei oltu yleensä kiinnitetty riittävästi huomiota kaluston havaittavuuteen. Havaittavuutta parantavien varusteiden sijoittelua ei oltu yleensä suunniteltu hyvin, päätarkoituksena tuntui olevan ohjeiden ja määräysten täyttäminen - usein vain minimivaatimusten mukaan.

4.9 KALUSTOKARTOITUKSESSA ESIIN TULLEITA PARANNUSEHDOTUKSIA

Työkoneiden sivuhavaittavuuden parantaminen on yksi tärkeimmistä kehityslinjoista. Sivuhavaittavuutta pitäisi parantaa väriyksin, turvamaalauksin ja -raidoituksin, heijastimin, heijastavin materiaalein sekä varoitusvaloilla ja -vilkuilla. Sivuhavaittavuuden ohella pitää useassa koneessa parantaa havaittavuutta takaa

päin, keinot ovat monelta osin samat. Taaksepäin havaittavuutta voidaan parantaa myös suunnatuilla varoitusvilkuilla sekä takasumu- ja lisäjarruvaloilla. Taaksepäin havaittavuutta voidaan parantaa myös saksalaisen normin mukaisin raidoituksin sekä ajoneuvoyhdistelmäkilvillä, valonuolilla ja -tauluilla.

Vilkkujen sijoittelua pitää kehittää niin, etteivät varoitus- ja suuntavilkkujen toiminta sekoitu keskenään. Sijoittelussa pitää ottaa huomioon kuraantuminen ja ehjänä pysyminen sekä katveiden välttäminen. Suuntavilkkujen näkyminen sivulle päin vaatii kehitystyötä, näkyvyyttä voitaisiin parantaa vilkkujen muotoilulla, koon kasvattamisella ja sijoittelulla. Varoitusvilkkua pitäisi käyttää työkoneissa lisää, lisäksi vilkkusettien käyttöä pitäisi kokeilla. Työkoneisiin pitäisi kehittää varoitusvilkkua, joiden valaistusvoimakkuutta voidaan säädellä valaistuksen mukaan. Vilkuissa pitäisi olla myös laitteisto, jonka avulla kuljettaja näkee vilkun toimimisen, kuten vilkku on päällä ja ehjä.

Valojen sijoittelua pitää kehittää niin, etteivät ne kuraannu. Lisäksi työvalojen sijoittelua ja laatua tulee kehittää. Takana olevien työvalojen suuntausta on parannettava niin, etteivät ne näy takana ajaville. Toisaalta punaisten työvalojen käyttöä olisi kokeiltava. Lisälaitteissa olevat valot pitää olla samantasoisia kuin itse työkoneen valot. Takana olevien valojen puhtaana pysymistä voidaan parantaa kehittämällä pesutekniikkaa, rakentamalla tuuliohjaimia ja valojen lasien lämmittimiä, varsinkin aura-autoihin. Takavalojen näkymistä voidaan lisätä käyttämällä lisäjarruvaloja ja takasumuvaloja. Valojen puhtaanapitoon on kiinnitettävä huomiota, valojen kuntoa on tarkkailtava ajon aikana. Ajon aikana ja sen jälkeen on kuraantuneet valot ja vilkut puhdistettava, tätä varten tarvitaan työohjeita kuljettajille.

Työkoneiden värityksiä ja turvamaalauksia on suunniteltava kokonaisvaltaisesti. Eri värien ja raidoitusten käytöllä voidaan parantaa havaittavuutta ja muodostaa "menevää" yrityskuvaa. Mattamustan käytöllä voidaan vähentää kuljettajan häikäistymistä. Turvamaalaukset pitää laittaa sinne, missä ne kestävät ja pysyvät puhtaana sekä näkyvät parhaiten. Turvamaalauksen näkyvyyttä voidaan parantaa käyttämällä kontrastieroja. Turvamaalauksen muodon merkitystä havaittavuuteen on myös tutkittava (mm. raidan leveys, raidoituksen vinous ja väriyhdistelmät). Raidoituksessa voitaisiin ottaa oppia saksalaisista normeista.

Työkoneissa olevat varoitusvilkut ja muut varoituslaitteet pitää näkyä vain niille tiellä liikkujille, jotka tarvitsevat varoittavaa tietoa. Turha varoittaminen voi aiheuttaa onnettomuuden, sillä varoitustieto kiinnittää tiellä liikkuvien huomion. Varoitusvilkun turhaan käyttöön on puututtava voimallisemmin, muulta liikenteellä suljetulla työalueella ei juuri tarvita varoitusvilkkua tai huoltoasemien pihassa. Kauempaa tällaiset vilkut kiinnittävät muiden tiellä liikkujien huomion ja kaukaa on vaikea arvioida onko vilkkua käyttävä työkone tiellä vai tiealueen ulkopuolella.

Lisälaitteet aiheuttivat usein katveja työkoneiden valoille ja heijastimille. Lisälaitteet on suunniteltava niin, etteivät ne aiheuta katveja työkoneiden valoille ja heijastimille. Toinen vaihtoehto on varustaa lisälaitteet vähintään samantasoisilla

varusteilla kuin itse työkone. Lisälaitteiden sivuhavaittavuutta on myös parannettava.

Työkoneiden havaittavuutta pitäisi parantaa käyttämällä valonuolia ja -tauluja. Valotaulujen antamaan informaation on kiinnitettävä huomiota, informaation on ohjattava tiellä liikkujia toimimaan oikein työkoneen läheisyydessä.

Kaluston tarkastustoimintaa on tehostettava havaittavuuden kannalta. Työkoneiden tarkastusten yhteydessä on tarkastettava havaittavuutta parantavat varusteet. Tarkastuksessa voidaan käyttää hyödyksi tässä tutkimuksessa laadittua tarkastuslomaketta. Ennen sesonkia olisi käytävä työkoneet ja laitteet läpi sekä tehtävä tarvittavat korjaukset. Pienimpiin korjaustöihin voitaisiin käyttää myös tilapäistä työvoimaa. Kuljettajille olisi annettava toimintaohjeita kaluston havaittavuuden varmistamiseksi, tärkeää on myös näkyvän suojavaatetuksen käyttö. Kaluston säilytysolosuhteet sekä varastointialueiden järjestys vaikuttavat osaltaan kaluston kuntoon ja havaittavuuteen. Suojakatosten rakentamisiin olisi varattava resursseja, tukikohtien tarkastuksissa olisi kiinnitettävä huomiota lisälaitteiden säilytysalueiden järjestykseen.

5 KALUSTON HAVAITTAVUUTTA PARANTAVAT KOKEILUT

5.1 KOKEILUJEN TAUSTAA

Havaittavuutta parantavat kalustokokeilu perustuvat Ruotsiin, Tanskaan ja Saksaan suuntautuneen työmatkan sekä kalustokartoituksen tuloksiin. Näiden selvitysten perusteella laadittiin kokeilusuunnitelma, jonka avulla oli tarkoitus kokeilla erilaisia heijastavia materiaaleja, varoitusvilkkuja, koneiden ja laitteiden maalauksia sekä valotauluja. Pääosa kokeiluista tehtiin Pirkkalan, Hämeenlinnan ja Lahden tiemestaripiireissä. Kokeilujen suunnitteluun ja rakentamiseen osallistui myös piirin keskuskorjaamo.

Ruotsissa kehitellään liikenteen ohjaukseen valokuituihin perustuvaa tekniikkaa. Lamppujen valo johdetaan valokuidun avulla valopisteisiin. Näin itse lamput voidaan sijoittaa paikkaan, missä ne säilyvät ehjinä, lisäksi yksi lamppu valaisee 120 valopistettä. Valopisteiden avulla voidaan rakentaa tauluja, joissa on autoilijoita ohjaavia tekstejä ja symboleja.

Saksassa on kiinnitetty huomiota työkoneiden merkintään heijastavin kalvoin ja tienhoitoajoneuvojen merkintään on käytössä omat normit. Heijastavilla kalvoilla merkitään työkoneen äärilinjat, jolloin voidaan pimeässäkin helposti havaita työkoneen muoto ja asema.

Saksassa valmistetaan useassa yrityksessä työkoneissa käytettäviä varoitusvilkkuja. Uusien vilkkujen kehittelyyn yrityksillä ei tuntunut olevan kovin paljon kiinnostusta ellei yrityksillä ollut varmuutta sitovista suurista tilausmääristä. Periaatteessa

oli mahdollista rakentaa varoitusvilkkuja, joiden valaistusvoimakkuutta voidaan säädellä tai joiden välähdys voidaan muuttaa epäsäännölliseksi. Tosin saksalaiset yritykset eivät olleet kovin innostuneita tähän kehitystyöhön.

Osa kokeiluista perustuu Hämeen tiepiirissä tehtyyn kalustokartoitukseen. Kalustokartoituksessa käytiin läpi Hämeen tiepiirin käytössä olevan kunnossapitokaluston havaittavuus. Tarkastuksessa kerättiin puutteiden ja vikojen ohella korjaus- ja kehittämisehdotuksia.

5.2 HEIJASTAVAT MATERIAALIT

Kokeilujen tarkoituksena oli parantaa työkonien havaittavuutta heijastavin kalvoin ja kyltein sekä heijastimin. Kokeiluissa oli mukana eri valmistajien kalvomateriaalia sekä I ja II luokan kalvomateriaalia ja jälkivalaisevaa kalvoa. I luokan kalvomateriaali vastaa ns. HI-kalvoa ja II luokan kalvomateriaali ns. EG-kalvoa. Kokeiluun käytetty kalvomateriaali oli sitä, mikä oli tehty juuri työkonien merkintään. Lisäksi kokeiltiin uutta ns. timanttikalvoa. Samalla kokeiltiin eriväristä kalvomateriaaleja. Kokeiluissa oli mukana seuraavien yritysten kalvomateriaaleja:

- 3M
- Reflexite
- Kiwalite
- Permalight.

Kokeiluissa oli mukana Talmun valmistamia erikokoisia ja värisiä heijastamia sekä E-säännöksen 70 mukaisia merkkikilpiä. Kokeiluun valittiin seuraavat työkonet:

- Kuorma-auto SISU SR-270 ja suolauslaite EPOKE (Hämeenlinnan tiemestariipiiri)
- Kuorma-auto SISU SL-210 (Lahden tiemestariipiiri)
- Kuorma-auto Sisu SL-210 (Pirkkalan tiemestariipiiri)
- Tiehöylä Vammas RG-17 (Pirkkalan tiemestariipiiri)
- Traktori Super Wille (Pirkkalan tiemestariipiiri).

Kokeisiin varatut työkonet pestiin ensin vedellä ja liuottimilla puhtaaksi ja annettiin kuivua lämpimässä hallissa. Pesu tapahtui usein jo edellisenä päivänä. Heijastavien materiaalien asennuspinnat puhdistettiin vielä ennen asennusta liuottimilla. Heijastavat materiaalit pyrittiin asentamaan niin, ettei ilmapusseja syntynyt, työssä käytettiin apuna tähän työhön suunniteltua lastaa. Heijastimien ja heijastavien kalvojen asennustyö tehtiin lämpimissä halleissa ja työkonet jäivät asennustyön jälkeen usein yöksi lämpimään tilaan.

Havaittavuuden parantaminen eteenpäin

Havaittavuutta parannettiin laittamalla työkonen ohjaamon eteenpäin suuntautuville pinnoille valkoisia heijastimia tai valkoista heijastavaa kalvoa. Kalvoilla pyrittiin muotoilemaan ohjaamon ääriviivat niin hyvin kuin se oli mahdollista.

Kalvoja laitettiin työkoneen peilien takapintoihin sekä lavan ja työkoneen eteenpäin suuntautuviin pintoihin. SISU kuorma-autoissa peitettiin edessä olevat SISU-kirjaimet heijastavalla valkoisella kalvolla.

Sivuhavaittavuuden parantaminen

Työkoneen ohjaamon sivuille laitettiin keltaista heijastavaa kalvoa, kalvon avulla pyrittiin muotoilemaan ohjaamon ääriviivat. Kalvoa laitettiin työkoneen muihin osiin kuten lavarakenteisiin tai runkorakenteisiin, keltaisella kalvolla pyrittiin osoittamaan työkoneen pituus. Tielaitoksen logoja vaihdettiin siniseen heijastavaan kalvoon tai asennettiin jälkiheijastavan kalvon päälle. Työkoneisiin laitettiin lisää tielaitoksen sinisiä logoja heijastavasta kalvosta, niitä laitettiin kuorma-auton lavojen tai suolauslaitteen sivuihin. Työkoneisiin asennettiin myös sivuille kapeita keltaisia heijastimia.

Havaittavuuden parantaminen taaksepäin

Työkoneen perä muotoiltiin punaisella heijastavalla kalvolla. Työkoneiden perässä oleviin punakeltaraidoituksiin laitettiin punaisen värin päälle punaista heijastavaa kalvoa. Kuorma-autojen havaittavuutta parannettiin E-säännöksen 70 mukaisella merkkikilvellä. Työkoneissa olevien lisälaitteiden havaittavuutta parannettiin samoilla periaatteilla. Punaista kalvoa laitettiin myös muihinkin pintoihin, jotka näkyvät taaksepäin kuten höylän terien takapintoihin, linkkuun menevän ohjaamon takapintoihin sekä ohjaamon oven sisäpintaan, jolloin kalvo näkyy, kun ovi avataan. Työkoneiden perään laitettiin myös kapeita punaisia heijastimia mahdollisimman ylös.

Työkoneen ruostetäplät ja muut asennuspintojen epätasaisuudet haittasivat asennustyötä ja huononsivat työn jälkeä. Heijastavat kalvot pitäisi laittaa silloin, kun kone on uusi. Erittäin rasvaisiin kohtiin ei saatu pysymään kalvoa. Kumiseen roiskeläpän jatko-osaan ei saatu tarttumaan kalvomateriaalia, koska kumista irtosi rouhetta, joka esti kalvon kiinnittymisen. Yhden kuorma-auton kuljettajan mielestä eivät lavan reunassa ylhäällä olevat nauhat kestä, syynä tähän ovat pintojen hankaantumiset, kolhut ja rasvat. Asennusvaiheen aikana huomattiin, että tielaitoksen logon ja jälkiheijastavan kalvopohjan väliin oli syntynyt ilmakuplia, ilmeisesti jo silloin, kun logo silkkipainettiin alustalle. Joidenkin heijastavien kalvojen leikkausreuna oli huonoa ja jälki ei ollut siistiä. Kalvojen leikkaukseen on kiinnitettävä jatkossa parempaa huomiota.

Traktorin ohjaamon kattoa ei voitu muotoilla kalvoilla, koska sinne mahtui vain kapea soiro kalvoa. Toisaalta matalalla oleva varoitusvilkku tekee ohjaamon katolla olevan kalvon merkityksen vähäiseksi. Tiehöylän runko-osan merkinnässä käytettiin osin kapeaa raitaa, koska ei haluttu sutata VAMMAS-tekstiä. VAMMAS-teksti voisi olla tulevaisuudessa heijastavaa kalvomateriaalia.

Jälkivalaisevalla kalvolla ei ole käyttöä työkoneen havaittavuuden parantamisessa. Jälkivalaiseva kalvo ei näy riittävästi pimeässä, eikä se myöskään heijasta tar-

peeksi. Sisätiloissa jälkivalaiseva kalvo näkyy työkoneessa, kun hallin valot sammutetaan.

Heijastavissa kalvoissa on iso ero heijastuksessa I- ja II-luokan välillä. Kakkosluokan kalvo ei näy riittävän hyvin, koska kuraantumisen vuoksi kalvot on sijoitettava korkealle. II-luokan kalvon takaisin heijastava kulma on pieni, joten henkilöauton valoilla eivät ylhäällä olevat kalvot näy kunnolla. Ero I-luokan kalvoihin on selvä, joten työkoneissa tulevat I-luokan kalvot ainoastaan kysymykseen parannettaessa havaittavuutta.

Eri yritysten toimittamien kalvojen välisiä eroja ei tutkittu. Kalvoja kiinnitettäessä tuli esiin eri materiaalien kiinnitysominaisuuksia. Tutkimuksen lyhytkestoisuuden vuoksi ei voitu kuitenkaan selvittää eri kalvomateriaalien kiinnipysymistä ja kulutuskestoa.

Kalvon leveyden tulee olla vähintään 50 mm, jotta se näkyy etäältä riittävän hyvin. Tätä kapeammat kalvot eivät enää muodosta pimeässä tehokasta ääriinjaa. Toisaalta koneiden pinnat estävät paljon yli 50 mm leveiden kalvojen käytön. Käytännössä sopivat kalvojen leveydet ovat välillä 50-75 mm. Samanlaisia leveyksiä on käytössä myös alan normeissa, kuten Yhdysvalloissa. Kapeammat kalvot näkyvät, mutta ei kuitenkaan niin hyvin kuin leveämmät kalvot.

Eteenpäin laitetuilla heijastimilla tai kalvoilla ei paranneta havaittavuutta ajon aikana, sillä työkoneen valot ovat niin voimakkaat, ettei heijastavilla materiaaleilla ole merkitystä. Heijastavat materiaalit auttavat vain pysäköidyn valottaman työkoneen havaitsemisessa. Tämä on aika harvinaista työkoneiden kohdalla tiealueilla.

Heijastimet näkyvät kauempaa kuin heijastavat kalvot, tosin heijastimet ovat yksittäisiä ja niiden avulla ei voida kertoa koneiden äärimittoja. Timanttikalvon heijastusominaisuudet ovat kuitenkin silmämääräisesti samaa luokkaa heijastimien kanssa. Toisaalta heijastimet kertovat pimeässä ensin lähestyvälle autoilijalle, että edessä on jotain. Heijastimien sijoittelu on joissain työkoneissa ongelmallista, kuorma-auton lämpölavaan pitää heijastimet kiinnittää tarroilla. Kuitenkin työkoneissa löytyy paikkoja heijastimille, jossa ne voivat säilyä ehjinä ja puhtaina.

Heijastimia voidaan käyttää heijastavien kalvojen kanssa kertomaan autoilijoille, että edessä on jotain. Heijastavilla kalvoilla voidaan lähestyvälle autoilijalle kertoa esteen muoto ja koko. Heijastimien ongelmana on yleensä, että niissä on tehokkaan heijastumisen kulma melko pieni. Toinen ongelma on heijastaminen rikkoutuminen (esim. iskun voimasta). Heijastimien rakennetta pitäisi muuttaa pallopin-tamuotoiseksi, jotta takaisinheijastuskulmaa voitaisiin suurentaa.

Työkoneiden sivuissa olevat heijastimet ja heijastavat kalvot näkyvät hyvin pimeässä sekä lyhyillä ja pitkillä valoilla. Havaittavuuden kannalta on tärkeää ääripisteiden merkintä heijastavilla materiaaleilla. Toisaalta koneen muoto täytyy merkitä heijastavalla kalvolla eli on saatava aikaan jatkuvuuden tuntu. Heijastavat materiaalit on laitettava niin, että lähestyvä autoilija tulkitsee työkoneen jatkuvaksi esteeksi eikä kahdella heijastimella merkityksi aukoksi/portiksi.

Koneen perässä olevat heijastimet ja heijastavat kalvot kuraantuvat melko pahoin. Samaa ongelmaa esiintyy myös koneiden sivupinnoissa. Heijastavat materiaalit on sijoitettava mahdollisimman ylös, jolloin niiden heijastuminen lähestyvän ajoneuvon valoissa on heikompaa kuin, jos kalvot olisivat matalammalla. Tämän johdosta on työkoneissa käytettävä heijastavaa materiaalia, jonka heijastumiskulma on mahdollisimman suuri. Heijastavilla kalvoilla on se mahdollisuus, että sitä voidaan laittaa moneen paikkaan, jolloin ainakin osa kalvosta pysyy puhtaana ja säilyttää heijastamisominaisuutensa.

Heijastaville kalvoille ja heijastimille täytyy etsiä jokaisessa koneessa ne kohdat, missä nämä pysyvät mahdollisimman hyvin puhtaana ja ovat mahdollisimman vähän erilaiselle kulutukselle alttiita. Nämä kohdat on mahdollista löytää tarkastelemalla kuraisia koneita sekä koneiden maalipintojen kulumia ja kolhuja. Kuorma-autojen lavan sivuun kannattaa heijastavat kalvot laittaa yläreunassa olevan palkin alapuolelle aina pystypalkkien väliin pätkittäin. Tällöin heijastavat kalvot pysyvät puhtaana ja pimeässä katkeava nauha on erottuu hyvin (sen havaittavuus on hyvä).

Merkkikilvet oli mahdollista kiinnittää kuorma-autoon ja ne näyttävät kestävästi siellä. Kilvet kuraantuvat yhtäläillä kuin takana olevat heijastimet ja heijastavat kalvot, joten niitä pitää puhdistaa aina tarpeen vaatiessa. Kilvillä voidaan kertoa autoilijoille tehokkaasti yhdistelmän pituus, tämä osaltaan ehkä voi auttaa muita tiellä liikkuja arvioimaan ohituksiin lähtemistä. Kilvistä voi olla hyötyä työkoneen havaittavuuteen päivällä, koska osa kilvestä on fluorisoivaa väripintaa. Saksalainen käytäntö merkitä hitaat ajoneuvot (työkoneet) sekä pysäköidyt raskaat ajoneuvot puna-valkoisin kilvin, voisi olla myös kokeilemisen arvoinen asia Suomessa.

Heijastavien kalvojen asentaminen työkoneisiin ei kestä kovin kauaa, puhtaisiin konepintoihin kalvot voidaan asentaa 1-2 tunnissa ja työ voidaan tehdä tiemestari- ja piirissä vaikka koneiden kuljettajien toimesta. Tosin uusiin ja puhtaisiin konepintoihin kannattaa heijastavat kalvot laittaa jo laitteen valmistajan toimesta. Heijastavaa kalvoa menee kuorma-autoon yhteensä noin 12,9 metriä. Punaista kalvoa on siitä noin 1,7 metriä ja keltaista noin 11,2 metriä. Tarvittavien kalvojen hinta pysynee muutamassa sadassa markassa.

5.3 VAROITUSVILKUT

Varoitusvilkkukokeilut perustuvat pääasiassa kalustokartoituksessa saatuihin kokeiluideoihin ja kehittämisehdotuksiin. Ajatuksia saatiin myös Keski-Eurooppaan suuntautuneella työmatkalla.

Varoitusvilkkukokeiluun kuuluivat:

- epäsäännöllisesti välähtävän varoitusvilkun prototyypin rakentaminen
- vilkun valaistusvoimakkuuden säätömahdollisuuden rakentaminen
- vilkun toimivuuden seuraamisen parantaminen teknisin keinoin
- suunnattujen varoitusvilkkujen käyttö työkoneiden havaittavuutta parantamaan (erityisesti taakse päin)
- erilaisten varoitusvilkkujen silmämääräinen vertailu

- työntekijälle tarkoitetun pienen henkilökohtaisen varoitusvilkun käyttökokeilu
- vilkkupaneelien käytön kokeilu.

Keski-Eurooppaan suuntautuneen työmatkan ja kalustokartoituksen perusteella saatiin kokeiluidea epäsäännöllisesti välähtävän varoitusvilkun rakentamisesta. Kalustokartoituksen yhteydessä tuli esille, että säännöllisesti välähtävä vilkku saattaa turruttaa, varsinkin yöaikaan. Kun seurattiin kuorma-auton katolla olevaa kahta varoitusvilkkua niin havaittiin, että kun vilkut välähtelivät keskenään epätahhtiin, tämä lisäsi vilkkujen havaittavuutta. Epäsäännöllisyys ärsytti silmää ja kiinnitti huomiota. Lisäksi taajama-alueilla saattaa olla säännöllisesti välähtäviä valoja kuten mainosvaloja, joiden joukosta ei aina eroteta säännöllisesti välähtävää vilkkua.

Työmatkan aikana saatiin saksalaisista vilkkuja valmistavista yrityksistä ristiriitaista tietoa epäsäännöllisesti välähtävän vilkun rakentamisesta. Osa valmistajista oli sitä mieltä, että sitä on vaikea tai lähes mahdoton rakentaa. Osan mielestä se ei ole ongelmallista.

Kun vilkkuja valmistavilta yrityksiltä pyydettiin tarjouksia epäsäännöllisesti välähtävien varoitusvilkkujen rakentamisesta, saatiin vastauksia, jotka eivät olisi mahdollistaneet pyydettyjen vilkkujen hankkimista. Jos yritykset olisivat alkaneet rakentaa epäsäännöllisesti välähtäviä varoitusvilkkuja, olisi yleensä pitänyt maksaa kehitystyön kustannuksia tai sitoutua tilaamaan huomattava erä näitä vilkkuja. Lisäksi kehitystyöhön ei ainakaan osassa yrityksiä tuntunut olevan aikaa lyhyellä tähtäimellä.

Epäsäännöllisesti välähtävien vilkkujen kehitystyö annettiin suomalaiselle Salama-Data Oy:lle. Samalla toimeksiannossa pyydettiin automaattista valaistusvoimakkuuden säätömahdollisuutta sekä sellaista varoitusvilkun kytkintä, jonka avulla todella nähdään se, että vilkku toimii (eli vilkkuvalo välähtelee).

Epäsäännöllisesti välähtävä vilkku on rakennettiin normaaliin tehdasvilkkuun ja välähdystä muutettiin lisäämällä vilkkuun piirilevyjä. Tehdasvilkkuna oli UKE Kranefeltin vilkku, koska siihen oli mahdollista rakentaa lisää ohjaussysteemejä, sillä vilkun rakenteessa oli tilaa lisävarusteille.

Kalustokartoituksen yhteydessä tuli usein esille se, että yöllä kirkas varoitusvilkku häiritsee kuljettajaa. Vilkkuva valo saattaa "häiritä" kuljettajaa vielä ajon jälkeen (Kommentit: "Valo vilkkuu silmissä vielä ajon jälkeen."). Varoitusvilkku voi heijastua koneen pinnoista, lumisesta ympäristöstä tai lumisateesta. Vilkkujen sijoittelulla ja konepintojen maalaamisella mattamustalla voidaan ongelmaa vähentää, mutta ei poistaa. Toisaalta kalustokartoituksessa tuli esille, että päivällä vilkun havaittavuus ei ollut aina riittävän hyvä, varsinkin kirkkaassa auringonpaisteessa. Tämän johdosta päätettiin etsiä tekniikkaa, jonka avulla voitaisiin varoitusvilkkujen valaistusvoimakkuutta säädellä valaistuksen ja mahdollisesti muiden olosuhteiden mukaan.

Salama-Data Oy sai tehtäväkseen rakentaa epäsäännöllisesti välähtäviin vilkkuihin ratkaisun, jonka avulla vilkun valaistusvoimakkuutta voidaan säädellä. Yrityksen tekemä ratkaisu perustui valosilmän käyttöön. Valosilmä oli alussa rakennettu itse vilkkuun, mutta myöhemmissä versioissa valosilmä sijoitettiin ohjaamoon vilkun katkaisijaan. Näin estettiin valosilmän likaantuminen sekä ylimääräisten reikien teko itse vilkkuun.

Kalustokartoituksen yhteydessä tuli esille se, että tarvittaisiin työkoneen ohjaamoon tietoa varoitusvilkun todellisesta toimimisesta. Kuljettajalle ei riitä tieto, että virtaa menee vilkkuun, vaan kuljettajan olisi tiedettävä, että vilkkuun syttyy valo. Samalla kuljettajan pitäisi jatkuvasti nähdä vilkun toimiminen, ettei vilkku jää turhaan päälle.

Salma-Data Oy sai tehtäväkseen rakentaa kokeiluvilkkuihin edellä mainitun varmuussysteemin. Yrityksen toimesta rakennettiin vilkun katkaisijan yhteyteen systeemi, jonka avulla nähdään, että vilkku toimii. Periaatteena on, että vilkusta tuleva paluupulssi sytyttää merkkivalon.

Suunnattuja varoitusvilkkuja kokeiltiin parantamaan työkoneiden havaittavuutta taaksepäin. Varoitusvilkkuja kokeiltiin kahdessa työkoneessa:

- suola-auto WEISSER (Pirkkalan tmp)
- suolauslaite EPOKE (Hämeenlinnan tmp).

Aluksi työkoneen perästä poistettiin siellä aiemmin ollut varoitusvilkku. Tilalle laitettiin suunnatut vilkut ja vilkut laitettiin niin etäälle toisistaan, että ne kertoivat samalla yhdistelmän leveyden. Vilkuissa oli käytössä hämäräkytkin, jolloin vilkut näkyivät päivällä kirkkaammin. Vilkut välähtelivät yhtäaikaan. Pirkkalan suola-autoon jouduttiin rakentamaan palkki, johon suunnatut vilkut asennettiin. Kokeiluissa käytettiin horizontin ja Nissenin suunnattuja vilkkuja.

Kokeilua varten hankittiin muutama kappale pieniä varoitusvilkkuja, joita työntekijät voivat itse käyttää. Varoitusvilkku voidaan sijoittaa vaatteisiin tai mahdollisesti myös suojakypärään. Varoitusvilkun hinta on alle 100 markkaa, vilkun voimalähteenä on normaalit paristot.

Kokeilua varten hankittiin kaksi vilkkupaneelia:

- Hellan vilkkupaneeli
- Sarcon vilkkupaneeli SOS 1604.

Hellan vilkkupaneelissa on pyörivät vilkut sivuilla ja keskellä on valkoinen paneelipinta, johon voidaan kirjoittaa jokin teksti ja valaista se. Tätä myöskin kokeiltiin. SOS vilkkupaneeli laitettiin pakettiautoon, jolla tehdään lyhytkestoisia töitä tiealueilla, kuten liikennemerkkien puhdistus ja pakettiautoa käytetään usein kunnossapitotöihin moottoriteillä.

Pirkkalan tiemestaripiirissä oli tapahtunut onnettomuus pakettiautolle, jossa tuli ilmi se, että pakettiauton kattovilkku voi peittyä kookkaan ajoneuvon taakse. Pakettiauto oli pysäköity moottoritielle ohituskaistan vasemmalle puolelle keskikaistalle ja pakettiauton kuljettaja oli viemässä varoitusmerkkiä. Samanaikaisesti henkilöauton kuljettaja lähti ohittamaan oikealla kaistalla kulkevaa isoa kuorma-autoa huomaamatta pakettiautoa tai sen vilkkua. Pakettiauton yllättävä ilmaantuminen aiheutti henkilöauton kuljettajalle hätäntymisen sekä virheliikkeen, jonka seurauksena oli onnettomuus. Pakettiautossa oli yksi varoitusvilkku ja se oli alhaalla katolla.

Epäsäännöllisesti välähtävät vilkut näyttävät olevan havaittavuuden kannalta parempia kuin säännöllisesti välähtävät vilkut. Epäsäännöllisesti välähtävät vilkut ovat havaittavuuden kannalta parhaita silloin, kun vilkku menee välillä aivan pimeäksi. Näin saadaan vilkkuun selvä kontrastiero. Ensimmäisissä versioissa välähdykset olivat niin nopeita, ettei vilkun valo kerinnyt lainkaan sammua, mutta tämä vaihtoehto todettiin huonoksi. Havaittavuuden kannalta on parasta, että vilkku lakkaa aina välistä näkymästä.

Kaksi epäsäännöllisesti välähtävää vilkkua työkoneessa parantaa havaittavuutta. Kaukaa katsoen vilkut muodostavat eräänlaisen elävän valon tai salamaniskun - valo tuntuu elävän, syntyy eräänlainen liekki-ilmiö. Kaksi vilkkua parantaa myöskin havaittavuutta sen vuoksi, että katveiden merkitys vähenee, koska toinen vilkku saattaa näkyä katveista huolimatta. Epäsäännöllinen välähdys ei myöskään turruta työkoneen perässä ajajia.

Epäsäännöllisesti välähtäviin vilkkuihin rakennettu valosilmä, jonka avulla voidaan vilkun valovoimakkuutta säädellä, on toimiva ratkaisu. Valaistusvoimakkuuden puolittaminen hämärässä näytti olevan sopiva vaihtoehto. Vilkkujen katkaisimeen rakennettu systeemi, joka ilmaisee vilkun kunnossaolon, oli myös toimiva ratkaisu.

Suunnatut vilkut työkoneen takana on hyvä ja tehokas vaihtoehto. Vilkkujen välähtäminen yhtäaikaan on havaittavuuden kannalta osin ristiriitaista. Toisaalta yhtäaikainen välähdys on rauhoittavaa ja kertoo osaltaan esteestä sekä sen leveyden. Yhtäaikaan välähtävät vilkut voivat turruttaa takana ajavia, tasainen välähdys voi olla väsyneelle perässä ajavalle "nukuttavaa". Yhtäaikaan välähtävät vilkut saattavat tuoda mieleen, että edessä saattaa olla puomi tai jokin muu este. Toisaalta tämä ei ole paha asia, sillä suolausauto liikkuu muuta liikennettä hitaammin ja on myös eräänlainen este. Suunnattujen varoitusvilkkujen välähdysaika vaikuttaa havaittavuuteen, pitkä välähdysaika voisi olla lumipyryssä havaittavuuden kannalta hyvä, asiaa pitäisi tutkia tarkemmin kenttäkokein.

Suola-auton perässä ajettaessa voitiin todeta, että vilkkujen välähdysnopeus oli sopivan rauhallinen samoin kuin himmennys. Himmennys oli hyvä ratkaisu, pimeällä valot eivät olleet liian kirkkaat. Varoitusvilkkujen korkeus henkilöautoon nähden oli hyvä, vaikka ne olivat niin korkealla, etteivät ne kuraantuneet kovin helposti. Vilkut näkyivät mutkaisella ja mäkiselläkin tiellä noin kilometrin päästä. Vilkkujen sijoittelu vaakatasossa oli hyvä, ne olivat riittävän etäällä toisistaan,

jolloin työkoneen leveys tuli esiin. Samalla vilkut tai ainakin toinen niistä näkyi taaksepäin, vaikka suola-auton perässä oli useita autoja.

Autoilijat noudattivat varovaisuutta ohittaessaan suola-auton, vilkkujen uutuus ja teho teki autoilijat ilmeisesti osaltaan varovaiseksi. Suunnatut varoitusvilkut kertoivat hyvin, että siinä oli menossa tienhoitokone eteenpäin autoilijan kaistalla. Sen sijaan pyörivä varoitusvilkku ei kerro suuntaa. Tulevaisuudessa pitäisi luoda käytäntö, jossa pyörivä vilkku hoitaa havaittavuutta eteenpäin ja osin sivuille ja suunnattu vilkku taaksepäin.

Nissanin ja horizonzin suunnattujen varoitusvilkkujen valaistusominaisuuksia ei tutkittu, silmämääräisesti tarkasteltaessa ei niissä tunnu olevan eroa. Horizonzin vilkkujen rakenne tuntuu olevan kuitenkin paremmin suunniteltu ja kestävämpi kuin Nissanin.

SOS vilkkupaneelin keskellä oleva suunnattu vilkkuvalo on liian tehokas. Pimeällä tämä valo peittää paneelin muun vilkut, samalla syntyy vaikutelma, että kysymyksessä olisi hälytysajoneuvo tai onnettomuuden varoittaminen. Vilkun rytmi on myös huono, se saattaa turruttaa perässä ajavaa. Vilkkupaneeli on ainakin pimeällä liian tehokas, päiväsaikaan tapahtuvassa työssä paneelilla saattaa olla käyttöä varsinkin pakettiautossa, joka työskentelee moottoritiellä. Vilkkupaneeleja voidaan käyttää myös erikoiskalustossa.

Varoitusvilkkujen valotehoja mitattiin Pirkkalan tiemestaripiirissä kenttäolosuhteissa. Mittauksissa tuli esille se, että vilkun vähäinenkin kuraisuus vähentää saatuja lukemia. Mittausten perusteella on kiinnitettävä huomiota vilkkujen puhtauteen ja niiden säännönmukaiseen puhdistamiseen.

Pyörivät varoitusvilkut ovat huonoja, koska ne eivät koskaan mene aivan pimeäksi, jolloin niiden kontrastiero ei ole niin hyvä kuin välähtävillä vilkuilla. Pyörivän vilkun kontrastiero pienentää myös se, että valo voi heijastua lampun takana olevasta pinnasta. Tämä ilmiö esiintyy ainakin suolauskalustossa olevien vilkkujen osalla. Pyörivien vilkkujen näkyvyys päivänvalossa ei tunnu riittävältä, vilkun ikääntyminen ja kuraantuminen pienentävät myös niiden näkymistä. Pyörivien vilkkujen rakenteeseen kuuluu peilipinnat, joilla voidaan parantaa vilkun havaittavuutta, tätä tekniikkaa pitäisi soveltaa myös muihinkin varoitusvilkkuihin.

Työntekijöiden henkilökohtaisesta varoitusvilkusta ei saatu paljoakaan kokeilutuloksia. Vilkkua voisivat työkoneen kuljettajat käyttää silloin, kun he joutuvat työskentelemään työkoneen lähellä pimeässä, kuten korjaamaan jumiutunutta hiekkoitinta. Työnjohdolle voisi olla näistä varoitusvilkuista hyötyä päivystystehtävissä sekä tien päällä tapahtuvissa työjohtotehtävissä. Varoitusvilkkuja voitaisiin käyttää liikenneonnettomuuksien yhteydessä tehtävissä töissä, mm. liikenteenohjauksessa. Muualla on näitä varoitusvilkkuja kokeiltu ja niiden on todettu pelastaneen ihmishenkiä.

5.4 KONEIDEN JA LAITTEIDEN MAALAUKSET

Kalustokokeilussa oli myös suunniteltu koneiden ja laitteiden havaittavuuden parantamista maalauksin. Tutkimuksen aikana päätettiin, ettei tässä vaiheessa kokeilla laajoja työkoneiden maalauksia osin kustannussyitä ja osin sen vuoksi, ettei haluttu lisätä kaluston kirjavuutta. Työkoneiden maalauksia voitaisiin kehittää laitoskohtaisesti järjestämällä avoin ideakilpailu työkoneiden värityksestä. Tässä kilpailussa voisi havaittavuuden kannalta tuoda esille yrityskuvaan vaikuttavia tekijöitä. Samalla maalausten tarkoituksenmukaisuutta voitaisiin kehittää mm. maalaamalla mattamustalla niitä pintoja, joista valo heijastuu häiritsevästi kuljettajan silmiin.

Markkinoilla on käytössä myös heijastavia maaleja. Maaleja ei kokeiltu tässä tutkimuksissa. Maalien heijastavuus perustuu maalissa oleviin lasihelmiin, jotka hiotaan esiin maalaamisen jälkeen maalipinnasta. Maalien korkea hinta ja maalaustyön työvaltaisuus saattavat tehdä sen, että heijastavien kalvojen käyttö on helpompaa ja edullisempaa. Tätä asiaa olisi kuitenkin tutkittava tarkemmin.

5.5 VALOTAULUT

Kokeilua varten suunniteltiin ja hankittiin valokuitutekniikkaan perustuva valotaulu. Valotaulun toimitti ruotsalainen yritys Safe Traffic Ab. Valotaulua päätettiin kokeilla Pirkkalan tiemestaripiirissä olevassa kuorma-autossa, jolla hoidetaan vilkkaan kolmostien aurausta.

Valotaulu päätettiin sijoittaa kuorma-auton lavan perälaudan yläpuolelle. Valotauluun oli suunniteltu teksti "Älä ohita". Valotaulua käytetään silloin, kun kuorma-autolla tehdään auraustyötä. Aura-auton kuljettaja voi kytkeä ohjaamosta valotaulun tekstin päälle silloin, kun hän haluaa viestittää takana tulijoille, että aura-auton ohittaminen on vaarallista. Valotauluun valittiin teksti, joka kertoo, että aura-autoa ei ole syytä ohittaa. Tällainen teksti ei lisää aura-auton kuljettajan vastuuta, teksti kertoo vain sen, että aura-auton kuljettajan mielestä ohittaminen on sillä hetkellä vaarallista.

Valotaulun teksti on näkyvässä 20 sekuntia ja sen jälkeen teksti sammuu automaattisesti. Valotauluissa voidaan valita tekstin näkymisen vaihteluväli kahdesta sekunnista aina kahteen minuuttiin. Valotauluun oli liitetty myös kaksi suunnattua varoitusvilkkua, jotka toimivat jatkuvasti. Valotaulun katkaisimeen oli rakennettu merkkivalot, joiden avulla kuljettaja näki, että toimivatko varoitusvilkut.

Valotaulu perustuu normaaliin valokuitutekniikkaan. Valokuidun avulla siirretään lampujen valo valokaapelin päähän, jossa on linssit. Lamput voidaan sijoittaa paikkaan, jossa ne kestävät paremmin. Pienet linssien muodostamat valopisteet näkyvät kirkkaana (intensiteetti 30 cd). Kahden lampun valo johdetaan aina yhteen valopisteeseen, jolloin lampun rikkoutuminen ei aiheuta valopisteen sammumista kokonaan. Valotaulussa käytetään halogeenilamppua, jonka jännite on 10 V ja teho 50 W.

Aura-autoon tullessa valotaulussa oli kaksi lamppua, joista kumpikin valaisee 180 pistettä. Valotaulun tekstin näkemiskulma oli melko kapea, se on 150 metrin päässä 20 astetta. Näkemiskulmaa voidaan muuttaa valotauluissa, mutta kulman leventäminen heikentää valojen tehoa. Kokeiluun rakennetussa taulussa ei voitu enää muuttaa näkemiskulmaa, muutos on tehtävä uusiin tauluihin.

Valotauluun liittyy kaksi suunnattua varoitusvilkkua, joiden suunniteltiin toimivan jatkuvasti auraustyön aikana. Varoitusvilkuissa oli hämäräkytkin, jolla vilkun valaistusvoimakkuutta voitiin säädellä valoisuuden myötä. Varoitusvilkut toimivat yhtäaikaan.

Valotaulu sijoitettiin perälaudan yläpuolelle, jolloin se ei häiritse kuljettajan näkemistä taaksepäin. Perälaudan ja valotaulun väliin jätettiin ilmarako, jossa syntyvän ilmanvirran toivottiin pitävän valotaulun puhtaana. Valotaulun ripustus tehtiin sellaiseksi, että se voitiin ottaa pois, kun aurausta ei ollut.

Varoitusvilkkujen toiminnassa oli häiriöitä kovalla pakkasella (noin -20 astetta). Muutenkin varoitusvilkkujen rakenteessa ja toimivuudessa oli ongelmia. Valotaulu pysyi melko hyvin puhtaana lumesta, tosin kokeilujakson aikana ei ollut pöllyävän pakkaslumen aurauksia. Pieni osa taulusta kuraantui hieman, joten tarvitaan ehkä teknisiä keinoja ja taulun parempaa sijoittelua kuraantumisen estämiseksi.

Valotaulu osoitti kokeilussa tehokkuutensa. Aura-auton kuljettaja tuntui olevan tyytyväinen valotaulun merkitykseen. Kuljettajan mukaan valotaulun käyttö rauhoitti oleellisesti takana tulevaa liikennettä ja taulun antamaan ohjetta noudatettiin hyvin. Kuljettajan kokemuksen mukaan vain kaksi autoilijaa lähti ohittamaan aura-autoa, kun valotaulussa luki teksti "Älä ohita". Valotaulun tekstin sammuminen ei myöskään tuonut esille sitä, että perässä ajajat tulkitsevat tämän kehotuksena ohitukseen.

Valotaulussa olevien varoitusvilkun nopeutta voisi olla hyvä säätää niin, että valotaulun tekstin syttyessä vilkut välähtelevät nopeammassa tahdissa. Vilkkujen välähtämistä eriaikaa olisi myös kokeiltava, olisi selvitettävä, miten tämä vaikuttaa havaittavuuteen.

Valotaulun puhtaana pysymistä pitää parantaa teknisin keinoin tai taulun paremmalla sijoittelulla. Valotaulun sijoittelua pitää harkita edelleen, nykyinen sijoituspaikka voi olla rikkoutumiselle ja kuraantumiselle arka. Lisäksi valotaulu pitää ottaa aina pois, kun kuorma-autolla tehdään muuta työtä. Valotaulun käyttöä voitaisiin helpottaa sijoittelemalla se ohjaamon katolle ja kehittämällä valotauluun sellaista tekniikkaa, että se voidaan automaattisesti kääntää esiin tarvittaessa.

Valotaulun peittymistä lumeen tai kuraantumista voitaisiin vähentää teknisin keinoin rakentamalla tauluun ilmaa ohjaavia siivekkeitä. Valotaulun lasin lämmityksellä voitaisiin myöskin pitää valotaulu lumesta puhtaana, tämä ratkaisu voi tosin olla teknisesti hankala ja kallis toteuttaa.

Elektroluminenssitaulu perustuu valon tuottamiseen alhaisilla jännitetehoilla. Elektroluminenssitekniikkaa ollaan parhaillaan kehittämässä ja sille haetaan käyttökohteita. Elektroluminenssitaulun virtalähteenä voidaan käyttää työkoneneen virtalähteitä.

Elektroluminenssi on periaatteeltaan yksinkertainen menetelmä muuttaa sähköinen signaali näkyväksi. Elektroluminenssi on ilmiö, jossa sähkökentän elektroneille antama energia muuttuu suoraan valoksi.

Elektroluminenssitaulua ei hankittu sen korkean hankintahinnan johdosta. Elektroluminenssin käyttö on kehittyvää tekniikkaa, kuitenkin tuotteen valmistaja ei ollut halukas vastaamaan työkoneneisiin tulevan taulun kehittelykuluista. Yhden taulun elektroniikkaosa olisi yksittäin tilattuna maksanut kymmenen kertaa enemmän kuin siinä tapauksessa, jos tauluja olisi tilattu 500 kappaletta. Lisäksi elektroluminenssitekniikan soveltuvuudesta Suomen oloihin ei saatu valmistajalta tietoa, tekniikan käyttökelpoisuutta pakkasessa kuitenkin epäiltiin.

Tutkimuksessa selvitettiin myös valokuitutekniikkaan perustuvan varoitusvalon rakentamista auroihin, koska nykyiset aurojen varoitusvalot eivät kestä kovaa kulutusta. Valokuitutekniikan käyttö varoitusvalojen rakentamisessa on periaatteessa mahdollista, mutta tällä tekniikalla rakennetut varoitusvalot olisivat tulleet maksamaan liikaa, jolloin niiden kokeileminen ei ollut taloudellisesti mielekäästä.

5.6 MUUT KOKEILUT

Kuorma-autoon (Pirkkalan tiemestariپیری) laitettiin nykyisten takavalojen viereen lisäjarru- ja takasumuvalot. Kokeilussa käytettiin Talmun lisäjarruvaloja ja takasumuvaloja, jotka laitettiin kuorma-auton perään lähelle muita takavaloja. Tämä sijoitus aiheutti sen, että nämä valot olivat yhtä kurassa kuin kuorma-auton muut takavalot. Lisäjarru- ja sumuvalojen sijoittelussa oli ongelmia sen johdosta, että ne olivat lisälaitteiden kytkentöjen tiellä. Lisäksi lisälaitteet kuten hiekoittimet peittävät nämä valot.

Takasumu- ja lisäjarruvalojen sijoittelua pitää suunnitella paremmin. Olisi selvitettävä mahdollisuudet laittaa nämä valot korkeammalle lavan perään tai jopa ohjaamon katolle/takaseinään tai lavalla olevaan lisälaitteeseen. Takasumu- ja lisäjarruvaloja voitaisiin kokeilla muissakin työkoneneissa, tiehöylässä niiden sijoittelu voisi olla jopa helpompaa.

Kokeilussa havaittiin, että valkoiset työvalot takana voivat hämätä autoilijaa pimeässä siten, että perässä ajava autoilija kuvittelee, että työvalot ovatkin työkoneneen etuvalot. Takana olevat työvalot pitää suunnata niin, että ne eivät näy perässä ajaville.

Takavalojen puhtaana pysyminen on laaja ongelma. Valojen sijoittelulla voidaan kuraantumista ja lumeentumista hieman vähentää. Takavalojen lämmitys- tai sulatussysteemeillä sekä lasin pintojen muotoiluilla voitaisiin lumeentumista ehkä vähentää, samoin kuin käyttämällä tuuliohjaimia tai työkoneneen paineilmajärjestel-

mää (esim. paineilmalla puhalletaan valot puhtaaksi lumesta). Likaantumista voitaisiin estää suunnittelemalla takavalojen pesujärjestelmä, mutta tämä voi olla teknisesti hankala toteuttaa.

Halvin keino takavalojen puhtaana pitämisessä lienee työtekniset ohjeet. Kuljettajan pitäisi ennen ajoon lähtöä tarkistaa valojen kunto ja puhtaus, ja tarkistuksia pitäisi tehdä ajon aikana syntyvillä tauoilla. Ajosta tullessa pitäisi myös työkoneen puhdistus kuulua osana työsuoritusta. Jollei työkonetta voida joka kerta pestä, olisi kuitenkin havaittavuutta parantavat laitteet ja materiaalit pystyttävä puhdistamaan.

Auran havaittavuutta parannettiin Ruotsin tielaitokselta saadulta varoitusvalolta, jossa oli kaksi valoa, punainen ja keltainen. Varoitusvalot todettiin tehokkaaksi, punainen valo tuntui jopa liian kirkkaalta. Tämän mallin valot kestivät melko hyvin, vain kerran oli punainen valo mennyt rikki. Toisaalta valoa tarkasteltaessa todettiin se osin vaurioituneeksi ja yhden johdon jopa katkenneeksi. Valo joutuu kovalle kuormitukselle ja tärinälle, lisäksi valojen vaarana on iskut.

Auraan rakennettavia valoja voitaisiin tehdä muillakin tapaa. Vaihtoehtoina ovat ainakin valokuitutekniikka sekä led-näytön hyväksikäyttö. Valokuitutekniikan käyttö varoitusvalojen rakentamisessa on periaatteessa mahdollista, mutta tällä tekniikalla rakennetut varoitusvalot olisivat tulleet maksamaan liikaa, jolloin niiden kokeileminen ei ollut taloudellisesti mielekästä. Led-tekniikalla rakennetut varoitusvalot voisivat olla taloudellisesti edullisempia.

Auran havaittavuutta voitaisiin parantaa myös käyttämällä aurassa valopuikkoja. Valopuikko on muovinen nesteputki, jonka sisällä myös toista nestettä sisältävä ampulli. Tämän ampullin rikkominen aiheuttaa nesteiden sekoittumisen ja kemiallisen ilmiön syntymisen, joka synnyttää näkyvää valoa. Valopuikkojen koossa ja väreissä on useita vaihtoehtoja, sekä niiden käyttöiässä. Käyttöikä vaihtelee muutamassa tunnissa aina vajaan vuorokauteen. Valopuikkojen hinta on kuitenkin sitä luokkaa, että niitä ei kannata yleensä käyttää parantamassa auran havaittavuutta. Valopuikkoja voitaisiin käyttää auroissa pahoissa keliolosuhteissa tai vaarallisilla tieosilla. Puikkoja varten pitäisi auroihin rakentaa teline, johon puikko voitaisiin kiinnittää. Valopuikkoja voitaisiin käyttää myös onnettomuuksissa varoittamiseen tai varoittamiseen tielle syntyneisiin esteistä, kuten kaatuneista puista tai vaarallisista montuista.

Auran teknisellä kehittämisellä voitaisiin aura-auton havaittavuutta parantaa. Auroja olisi suunniteltava sellaiseksi, että lumen pölyäminen olisi vähäistä. Auroihin voitaisiin rakentaa myös erilaisia pölyämistä estäviä lippoja.

Höyrykehittimen käytön yhteydessä tapahtui Hämeen tiepiirissä muutama vuosi sitten vakava liikenneonnettomuus (samalla työtapaturma). Tapaturman tutkinnan yhteydessä tuli esille se, että höyrykehittimen havaittavuutta pitäisi parantaa. Hämeen tiepiirin kunnossapitotoimialalla tehtyjen selvitysten mukaan tehdään höyrykehittimellä töitä tienosilla, joissa näkemät ovat heikot.

Höyrykehittimen havaittavuutta parannettiin rakentamalla höyrykehittimeen teleskooppivarsi, jonka päähän voidaan liittää varoitusvilkku. Höyrykehittimen havaittavuutta parannettiin myös turvaraidoituksin sekä käyttämällä heijastavia kalvoja. Monessa tapauksessa havaittavuutta pitää parantaa myös kehittämällä höyrykehittimellä tehtävien töiden ennakkomerkintää.

6 YHTEENVETO

6.1 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Heijastavia materiaaleja voitaisiin käyttää parantamaan koneiden sivuhavaittavuutta. Edessä olevilla heijastavilla materiaaleilla ei ole merkitystä, jos työkoneen valot palavat. Työkoneen perässä olevat heijastavat materiaalit kuraantuvat helposti, jos niitä ei sijoiteta riittävän korkealle.

Havaittavuutta taaksepäin voidaan parantaa myös muillakin keinoin. Jos auto joudutaan pysäköimään tien varteen ja sammuttamaan valot, niin silloin olisi parasta käyttää erillisiä kilpiä (saksalaiseen tapaan). Taaksepäin havaittavuutta voidaan parantaa tehokkaammilla takavaloilla, mm. käyttämällä lisäjarru- ja takasumuvaloja sekä suunnattuja varoitusvilkkuja. Työkoneiden havaittavuutta taaksepäin voidaan parantaa myös käyttämällä heijastavia merkkikilpiä, jotka perustuvat E-säännökseen 70. Kilpien avulla voidaan parantaa yhtäaikaaisesti havaittavuutta sekä kertoa ajoneuvoyhdistelmän pituutta.

Jälkivalaisevalla kalvolla ei ole käyttöä työkoneen havaittavuuden parantamisessa. Työkoneissa on syytä käyttää I-luokan heijastavia kalvoja, koska kuraantumisen vuoksi kalvot on sijoitettava korkealle, jolloin heijastavan kulman pitää olla riittävän suuri. Kalvon leveyden tulee olla vähintään 50 mm, jotta se näkyy etäältä riittävän hyvin. Käytännössä sopivat kalvojen leveydet ovat 50-75 mm. Heijastavat kalvot ovat parempia kuin heijastimet, koska niillä voidaan muotoilla työkoneen muodot ja ääriinjat. Nykyisillä heijastimille ei ole niiden koon ja sijoittelun vuoksi juuri käytännön merkitystä havaittavuuden kannalta.

Suomessa nykyisin käytössä olevat tielaitoksen määräykset maantievilkkujen väreistä aiheuttavat sen, että vilkkujen linssien läpäisy jäävät melko alhaisiksi. Vilkkujen käytössä olisi selvitettävä, mihin perustuu erillisten suodattamien käytön kieltäminen ja määräys läpivärjätyn linssin käyttämisestä. Lisäksi olisi hyvä tarkentaa, miten väri määritetään suositetulla nimellisjännitteellä /Varoitusvilkkujen valotekniset ominaisuudet, 1989/.

Laatuvaatimuksia uudistettaessa olisi hyvä miettiä vaadittuja valokuvion muotoja ja leveyksiä. Ympärisäteilevissä varoituslaitteissa käytetty "kolmiomainen" valonjako ei ilmeisesti ole tarkoituksenmukaisin. Sinikäyrän käyttö valonjaossa voisi olla perusteltua. Samalla voitaisiin harkita nykyisen alueen levittämistä, koska käytännössä vilkun asettaminen ei yleensä onnistu kovinkaan hyvin. On mahdollista, että vilkku tulee 5 - 10 astetta vinoon, jolloin vilkun havaitseminen on hyvin vaikeaa. Suunnatuissa vilkuissa voisi puolestaan pohtia sitä, miksi

vaadittu alue on horisontaalitasossa leveämpi kuin vertikaalitasossa, vaikka suunnatun vilkun asettaminen paikalleen onnistuu yleensä paremmin horisontaalitasossa. Määräyksiin pitäisi saada selvät ohjeet päiväkäyttöön tarkoitetuista huomattavasti yövilkkuja tehokkaammista varoituslaitteista. Varoitusvilkuissa pitäisi olla mahdollisuus säädellä valotehoa, vilkuissa pitäisi olla säätömahdollisuus, joka ottaisi ympäristön valoisuuden huomioon. Säättömahdollisuuden pitäisi olla automaattinen /Varoitusvilkkujen valotekniset ominaisuudet, 1989/.

Eri vilkkujen testauksen yhteydessä todettiin, että vilkun havaittavuutta parantaa se, että vilkun välähdyksessä on riittävä kontrasti eli vilkku menee kunnolla pimeäksi. Tämä ei onnistu nykyisissä pyörivissä vilkuissa, joten nämä vilkut eivät ole havaittavuuden kannalta hyviä.

Epäsäännöllisesti välähtävät vilkut näyttävät olevan havaittavuuden kannalta parempia kuin säännöllisesti välähtävät vilkut. Epäsäännöllisesti välähtävät vilkut ovat havaittavuuden kannalta parhaita silloin, kun vilkku menee välillä aivan pimeäksi. Näin saadaan vilkkuun selvä kontrastiero.

Kaksi epäsäännöllisesti välähtävää vilkkua työkoneessa on hyvä ratkaisu. Kaukaa katsoen vilkut muodostavat eräänlaisen elävän valon tai salamaniskun - valo tuntuu elävän, syntyy eräänlainen liekki-ilmio. Kaksi vilkkua parantaa myöskin havaittavuutta sen vuoksi, että katveiden merkitys vähenee, koska toinen vilkku saattaa näkyä katveista huolimatta.

Vilkkupaneeleja voidaan käyttää joissakin työkoneissa, joiden pieni koko ja niillä tehtävän työn vaarallisuus edellyttävät hyvää havaittavuutta. Tosin vilkkupaneelit on rakennettava niin, että ne eivät tuo esille mielikuvaa hälytysajoneuvosta. Vilkkupaneeliin voitaisiin rakentaa myös tekstejä, jotka ohjaavat muita tiellä liikkuja.

Suunnattuja varoitusvilkkuja voidaan käyttää parantamaan työkoneiden havaittavuutta taaksepäin. Suunnatut varoitusvilkut soveltuvat erityisesti hitaasti liikkuviin työkoneisiin, jotka kulkevat normaalisti yhdellä kaistalla. Suunnattuja varoitusvilkkuja on syytä käyttää pareittain. Vilkkujen välähtäminen yhtäaikaan on monella tapaa hyvä vaihtoehto, toisaalta eri aikaa välähtävät vilkut saattavat herättää autoilijoissa paremmin huomion. Yhtäaikaan välähtävät vilkut tuovat mielikuvan myös kiinteästä esteestä.

Valokuitutekniikkaan perustuva taulu on kuitenkin vielä kallista tekniikkaa, valotaulujen yleistyminen on mahdollista vasta silloin, kun niiden hinnat tulevat laskemaan oleellisesti. Valotauluja voitaisiin tällöin käyttää muissakin työkoneissa, kuten tiehöylässä tai maalauskalustossa.

Valotaulun ja muidenkin taulujen antamaa informaatiota pitää kehittää. Autoilijoille ei pidä antaa sellaista informaatiota, jolla ei ole autoilijalle mitään merkitystä tai joka ei ohjaa autoilijaa toimimaan oikein työkoneen läheisyydessä. Valotaulun teksti pitää olla osin varoittavaa ja osin ohjaavaa, tarvitaan sellaisia tekstejä kuten:

- varo - kone pysähtyy
- jätä turvallisuusväli
- varo - kone peruuttaa.

Autoilijoille annettava ohjaava teksti tulee olla myös sellaista, että se ei aiheuta lisää vastuuta työkoneiden kuljettajalle. Teksti, joka kehottaa autoilijoita ohittamaan työkone, ei ole työkoneen kuljettajan kannalta hyvä. Jos ohitustilanteessa sattuu kuitenkin onnettomuus, voi olla vaarana, että työkoneen kuljettaja joutuu vastuuseen antamastaan ohjeesta. Valotaulut pitää suunnitella ja rakentaa myös niin, ettei tekstin osittainen lumeentuminen tai jonkun lampun rikkoutuminen muuta tekstin antamaa informaatiota (esim. Älä ohita tekstistä näkyisi vain sana ohita). Tekstien ohella pitäisi käyttää myös erilaisia symboleja, joita myöskin muut kuin suomenkielen taitoiset ymmärtävät.

6.2 TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA

Työkoneiden havaittavuutta parantavien laitteiden teho riippuu paljolti niiden kunnosta ja puhtaudesta. Kunnossapitotöihin tarvitaan työohjeita havaittavuutta parantavien laitteiden puhtaanapidosta sekä näiden laitteiden kunnan tarkastamisesta. Kuljettajien koulutuksessa ja työnopastuksessa pitäisi tämä asia ottaa myös esille.

Työohjeissa pitäisi olla havaittavuutta parantavien varusteiden puhdistussuositukset ennen ajoa, ajon aikana sekä ajon jälkeen. Työn aikana pitää kuljettajien tehdä jatkuvaa havaittavuutta parantavien laitteiden kunnan seuranta. Auratessa on taukojen aikana puhdistettava lumeentuneet valot, vilkut ja heijastavat materiaalit.

Työkoneiden tarkastustoiminnassa on kiinnitettävä huomiota koneiden havaittavuuteen, tarkastuksessa voidaan käyttää kalustokartoitukseen kehitettyä tarkastuslomaketta. Tarkastuslomaketta voitaisiin käyttää myös määräaikaishuoltojen yhteydessä.

Havaittavuutta parantavien laitteiden puhtaana pysymistä voidaan parantaa myös teknisin keinoin, kuten pesureilla, tuuliohjaimilla tai lämmittimillä. Parantamalla työkoneiden pesumahdollisuuksia tukikohdissa, voidaan osaltaan varmistaa havaittavuutta parantavien varusteiden puhtaana pysymisen. Pesumahdollisuuksia voitaisiin alkuvaiheessa parantaa varaamalla paikka ja varusteet havaittavuutta parantavien laitteiden pikapesua varten.

Työkoneiden havaittavuutta voitaisiin tämän tutkimuksen perusteella parantaa yleisesti seuraavilla periaatteilla.

Työkoneiden sivuhavaittavuuden parantaminen

Sivuhavaittavuutta parannetaan heijastavalla kalvolla, jolla merkitään työkoneen muoto tai pituus. Heijastavan kalvon leveys tulee olla ainakin 50 mm ja kalvon tulee olla ykkösluokan kalvoa. Kalvon sijoittelussa on pyrittävä löytämään ne koneen pinnat, jotka pysyvät puhtaana eivätkä ole kulutukselle alttiita. Työ-

koneiden sivuilla olevat tielaitokset siniset logot voisivat olla myös heijastavasta materiaalista.

Työkoneen havaittavuuden parantaminen taaksepäin

Työkoneen havaittavuutta taaksepäin voidaan parantaa usealla eri tapaa, kuten lisäjarruvaloilla, takasumuvaloilla, suunnatuilla varoitusvilkuilla tai heijastavilla kalvomateriaaleilla.

Suunnattuja varoitusvilkkuja voidaan käyttää hitaasti liikkuvissa työkoneissa, jotka kulkevat muun liikenteen mukaisesti. Lisäjarruvaloilla ja takasumuvaloilla voidaan parantaa havaittavuutta, jos nämä valot voidaan sijoittaa paikkoihin, missä ne eivät kuraannu, kuten auton katolle tai lisälaitteen yläosaan. Heijastavien kalvojen käyttö perustuu myös samaan periaatteeseen. Joissakin työkoneissa, kuten kuorma-autoissa voisi olla hyvä käyttää E-säännöksen 70 mukaisia merkkikilpiä. Lisäksi pysäköityihin työkoneisiin olisi hyvä saada saksalaisen mallin mukaiset heijastavasta materiaalista tehdyt varoituskilvet, jotka laitetaan työkoneen perään vain pysäköinnin yhteydessä.

Työkoneen havaittavuuden parantaminen eteenpäin

Työkoneen havaittavuus eteenpäin on hoidettava pääasiassa etuvalojen avulla. Työkoneen katolla olevalla varoitusvilkulla voidaan varoittaa työkoneesta myös eteenpäin. Monessa tapauksessa tämä varoitusvilkku varoittaa myös sivulle ja taakse päin eli toimii yleisenä varoittimena. Työkoneissa olisi käytettävä varoitusvilkkuna epäsäännöllisesti välähtävää vilkkua, jossa olisi valaistusvoimakkuuden säätömahdollisuus. Lisäksi olisi käytettävä vähintään kahta varoitusvilkkua, jotka on sijoitettu niin, että ainakin yksi vilkku näkyy katveista huolimatta.

LÄHDELUETTELO

Hantula, L. Raportti liikenneturvallisuuden opinto- ja tutkimusmatkasta Yhdysvaltoihin 7.8.1987 - 6.8.1988. Helsinki 1988. Liikennevakuutusyhdistys, Vakuutusyhtiöiden liikenneturvallisuustoimikunta. 241 s. + liitt. 3 s.

Dahlstedt, S. Larmanordningar för utryckningsfordon. En litteraturstudie. Linköping 1991. Statens väg- och trafikinstitutet, VT-rapport 327. 37 s.

Draft. Information report XJ-2117. Large vehicle conspicuity markings. 1991. 8 s.

Koskela, K. Ihminen yöliikenteessä. Kirjallisuustutkimus. Helsinki 1984. Liikenneturva, Tutkimusosaston julkaisuja 69/1984. S. 62.

Lampinen, O. Hälytysajoneuvon havaittavuus ja ajotaktiikka. Lahti 1989. Suomen Palontorjuntaliiton julkaisu. 79 s.

Liikenne tietyömaalla. Tienpitoajoneuvot. Helsinki 1992. Tielaitos, Tuotannon yleisohjeet. 53 s.

Luoma, J. & Karasmaa, N. Autonkuljettajan katseen kohdistuminen ja havainnot maantieajossa. Helsinki 1986. Liikenneturva, Liikenneturvan tutkimuksia 81/1986. 46 s. + liitt. 12 s.

Muuttuvien opasteiden käyttö yleisillä teillä. Helsinki 1989. Tie- ja vesirakennushallitus & Viatek Oy, TVH 723878. 24 s.

Pain, R.F., McGee, H.W. & Knapp, B.G. Evaluation of traffic controls for highway work zones. Washington 1981. National cooperative highway research program, report 236. 189 s.

Rajalin, S. Raskaan liikenteen turvallisuus. Osa 1, Tutkimustuloksia ja tilastoja. Helsinki 1986. Liikenneturva, tutkimusosasto. 65 s. + liitt. 1 s.

Rihlana, S. Värioppi. Helsinki 1990. Kirjayhtymä. 252 s.

Sauni, S. Kunnossapitotöihin liittyvät vaaratekijät tie- ja vesirakennuslaitoksen (TVL) Hämeen piirissä, Loppuraportti, osaraportti 10. Tampere 1990. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, turvallisuustekniikan laboratorio. 98 s. + liitt. 13 s.

Sauni, S. Kunnossapitotöihin liittyvät vaaratekijät tie- ja vesirakennuslaitoksen (TVL) Hämeen piirissä, Matkakertomus Ruotsin ja Norjan matkasta, osaraportti 5. Tampere 1989 a. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, turvallisuustekniikan laboratorio. 31 s. + liitt. 57 s.

Sauni, S. Kunnossapitotöihin liittyvät vaaratekijät tie- ja vesirakennuslaitoksen (TVL) Hämeen piirissä, Onnettomuudet ja liikennevahingot kunnossapitotöissä, osaraportti 7. Tampere 1989 b. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, turvallisuustekniikan laboratorio. 24 s. + liitt. 11 s.

Sauni, S. Työkoneiden havaittavuuden parantaminen - tutkimus Hämeen tiepiirissä. Matkakertomus Ruotsin, Tanskan ja Saksan matkasta, raportti 1. Tampere 1991. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, turvallisuustekniikan laboratorio. 25 s. + liitt. 52 s.

Schmidt-Clausen, H. - J. Side and rear marking of trucks with passive materials. Technical Universitu Darmstadt. 8 s.

Sulku- ja varoituslaitteet, Helsinki 1984. Tie- ja vesirakennushallitus, TVH 741807. 31 s.

Tien hoitoajoneuvojen vahinkotutkimus. Helsinki 1991. Tielaitos, Tielaitoksen selvityksiä 30/1991. 31 s.

Varoitusvilkkujen valotekniset ominaisuudet, Esitutkimus. Helsinki 1989. Tie- ja vesirakennushallitus, Kehittämiskeskus & Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tehoelektroniikan laitos, Valolaboratorio. TVH 723601. 48 s.

KALUSTON HAVAITTAVUUDEN TUTKIMINEN

Klaji		Merkki
Tarkastuskohde	Puutteet, viat	Kehittämistarpeet, korjausehdotukset
Etuvalot		
Aurausvalot		
Takavalot		
Työvalot		
Vilkut		
Varoitusvilkut		
Varoitusvalot		
Heijastimet		
Hitaan ajoneuvon kolmio		
Väritys		
Turvamaalaukset ja -teipit		
Liikennemerkkit		
Suoja- ja varoitusaidat		
Varoitus- ja hälytysmerkkien antajat (peruutushälytin)		
Lisälaitteen vaikutus havaittavuuteen (kytkettynä)		
Muut		

TARKEMMAT TIEDOT

Puutteet ja viat

Korjausehdotukset

Kehittämistarpeet

Muita mahdollisia asioita
